

INHALT

STEINER/DEGER/ RÖSCHEISEN	Ein Beitrag zur Rationalisierung des Briefverteildienstes	625
FRIEDRICH/OBERMEIER	Paketförderanlage mit kontaktloser Zielsteuerung in einem Großversandhaus	628
GANZER/GLIEMANN	Stromversorgungseinrichtungen für Nachrichten-Weitverkehrsämter	632
FUCHS	Telegrafie-Empfangstastgerät FSE 30 für Kurzwellen-Funkverbindungen	641
FRIEDRICH	Gasturbine für eine Nutzleistung von 22 MW	647
BÖHNER	Durchhangregelung mit dem TELEPERM Z (Zeigerregler)	649
HEDERER/JAHN	Schnellschwingende Galvanometer für Lichtstrahl-Oszillographen	654
FAHRENSCHON/MÜLLER	Ringkern-Auswertefeld für die Identifizierung von 400 Fernsprech-Nebenstellen	658
GEISE/VOGL/SCHULTZE	Hilfskabel für den Netzschutz in Hochspannungsnetzen	661
SCHMELCHER	Das selektive Verhalten der neuen NH-Sicherungen R 1240 ...	665
SEIFFARTH	Thorierte Wolframkathoden für Senderöhren großer Leistung	670

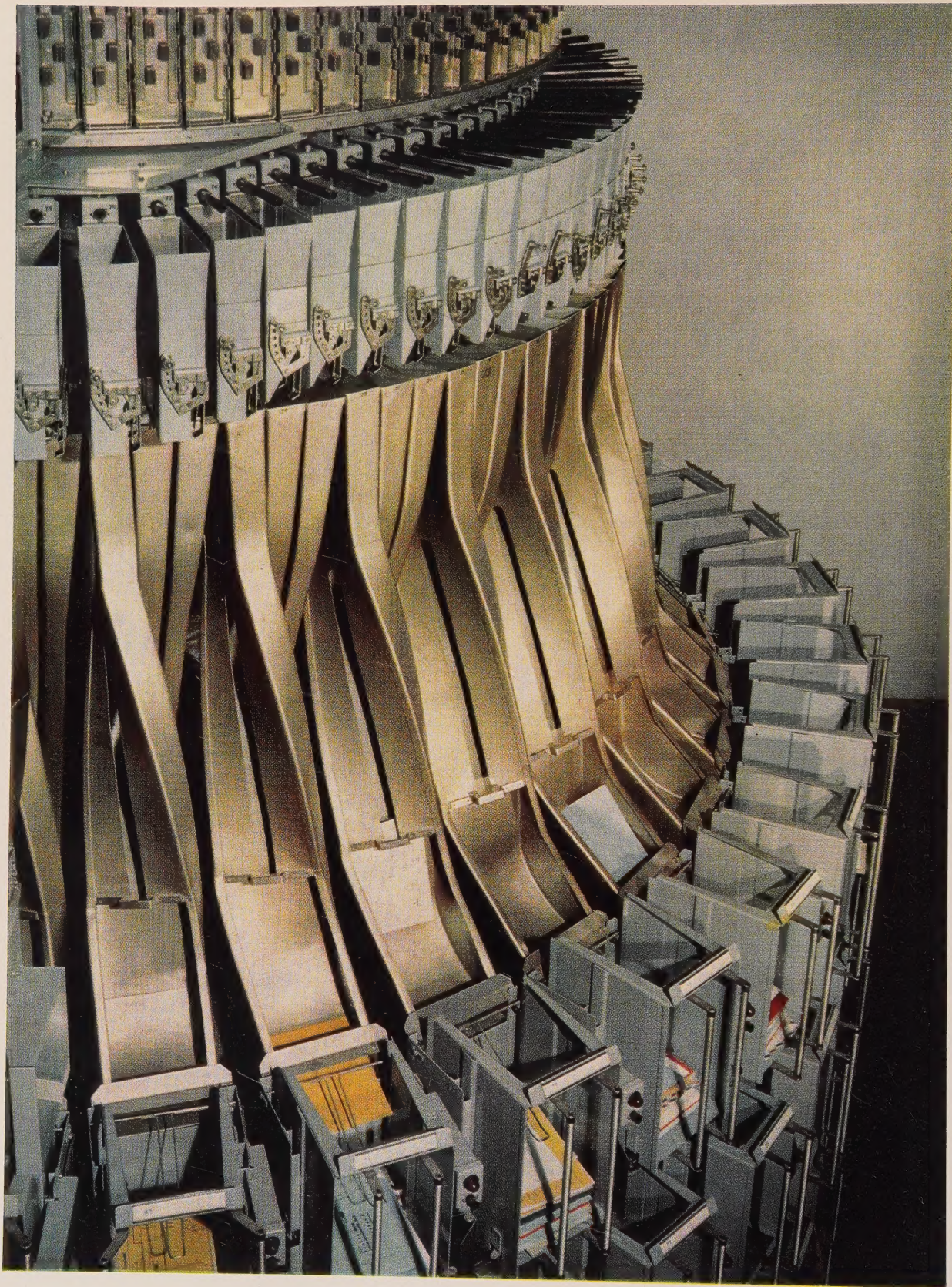
AUS DER GESCHICHTE DES HAUSES SIEMENS

KOLBE	80 Jahre Siemens-Bühnenbeleuchtung	675
-------	--	-----

TECHNISCHE BERICHTE

SCHMELCHER/SCHALLER	Maschennetzschalter mit normalem Arbeitsstromauslöser	677
DOBERMANN	Das Fernschreibnetz der Western Union	678
STEINER	Morón – das erste EMD-Fernsprechamt in Groß-Buenos-Aires	679

BUCHBESPRECHUNGEN	681
-------------------------	-----



Viele Tausend Briefe durchlaufen stündlich die Postverteilämter der großen Städte. Automatisch arbeitende Briefsortiermaschinen können diesen Strom schneller und rationeller als bisher nach Bestimmungsorten und Zustellrevieren aufgliedern

Ein Beitrag zur Rationalisierung des Briefverteildienstes

VON OTTO STEINER, HERMANN DEGER UND FRITZ RÖSCHEISEN

Die Anforderungen an den Postdienst nehmen ständig zu; allein in der Bundesrepublik Deutschland waren im Jahre 1960 mehr als acht Milliarden Briefe, Postkarten und Drucksachen zu befördern. Die manuelle Verteilung derartig großer Mengen bereitet immer mehr Schwierigkeiten, insbesondere in Anbetracht der heutigen Personalnot. Daher ist es verständlich, daß sich die Postverwaltungen vieler Länder um eine Rationalisierung bemühen [1, 2]. Einen wesentlichen Ansatzpunkt hierfür bildet der Briefverteildienst, dessen Aufgabe darin besteht, die Post nach Bestimmungsorten und nach Zustellbezirken aufzugliedern. Er bindet bisher zahlreiche Mitarbeiter, die an anderen Stellen dringend benötigt werden. Erleichternd für die angestrebte Mechanisierung ist, daß ein großer Teil der Gesamtpost – in der Bundesrepublik etwa die Hälfte – in den größeren Orten anfällt.

Ein erster Schritt wurde bereits mit dem Einsatz von Förderanlagen getan, bei denen die Briefe zwar von Hand sortiert, aber maschinell transportiert und gestapelt werden. Der nächste Schritt führt zu automatischen Briefsortiermaschinen (Bild 1) in Verbindung mit Kodierplätzen, an denen die Briefe eine maschinell lesbare Zielkennung erhalten. Ist diese Kodierung einmal vorgenommen, so kann ein Brief mehrere Sortiermaschinen – auch in verschiedenen Verteilämtern – durchlaufen, ohne daß ein Mensch die Anschrift erneut zu lesen braucht. Im folgenden werden Aufbau und Arbeitsweise eines Kodierplatzes und einer rotierenden

Briefsortiermaschine beschrieben, die bei Siemens & Halske entwickelt wurden.

Der Kodierplatz

Jeder Kodierplatz (Bild 2) besteht aus einer Vorführeinrichtung, einer Tastatur und dem Drucker. Am Kodierplatz sind stets zwei Briefe sichtbar, der untere in Lesestellung und der obere in Wartestellung. Die Bedienungsperson schreibt mit der Tastatur einige bestimmte Merkmale, z. B. aus der Ortsbezeichnung, in einen zentralen elektronischen Kodierzuoordner.

So können die Bestimmungsorte durch einzelne Buchstaben aus dem Ortsnamen gekennzeichnet werden; noch einfacher ist das Verwenden von Ortskennzahlen (Postleitzahlen) [3]. Die Kodiervorschriften setzen bei der Bedienungsperson keine Kenntnis der weitverzweigten Verteilwege voraus. Dank der bequemen Bedienungsweise des Kodierplatzes können angelernte Kräfte die Arbeit nach kurzer Zeit ausführen. Die Gedächtnisleistung übernimmt der elektronische Kodierzuoordner.

Werden an einem Kodierplatz nicht ausreichende oder mehrdeutige Angaben eingetastet, so fordert eine Signallampe das Eintasten zusätzlicher Daten – beispielsweise nach den Straßenkennzeichen auch die Hausnummer, wenn eine Straße in mehrere Zustellreviere unterteilt ist. Weitere Signallampen zeigen die Betriebsbereitschaft des Kodierzuoorders und gegebenenfalls auch fehlerhaftes Eintasten an.

Liegt am Ausgang des Kodierzuordners ein eindeutiges Ergebnis vor, so wird der Brief in den Drucker befördert und dort mit der Zielkennung versehen. Es gibt verschiedene Kodearten; so kann die Zielkennung z. B. aus magnetisierbaren Kodestrichen bestehen.

Die vierstellige Kennzahl wird dem Brief im »2-von-5«-Kode verschlüsselt aufgedruckt. Für jede Stelle werden zwei Kodestriche auf fünf mögliche Stellen gesetzt, denen von oben nach unten die Wertigkeiten 0, 1, 2, 4 und 7 zugeordnet sind. Der in Bild 3 gezeigte Brief trägt demnach die Richtungskennzahl 2864. Die Lesbarkeit des Magnetkodes wird durch unterschiedliche Papierfarbe oder durch Teile der Anschrift im Kodefeld nicht beeinträchtigt. Andererseits sind die Striche so schmal, daß hand- wie maschinengeschriebene Anschriften lesbar bleiben.

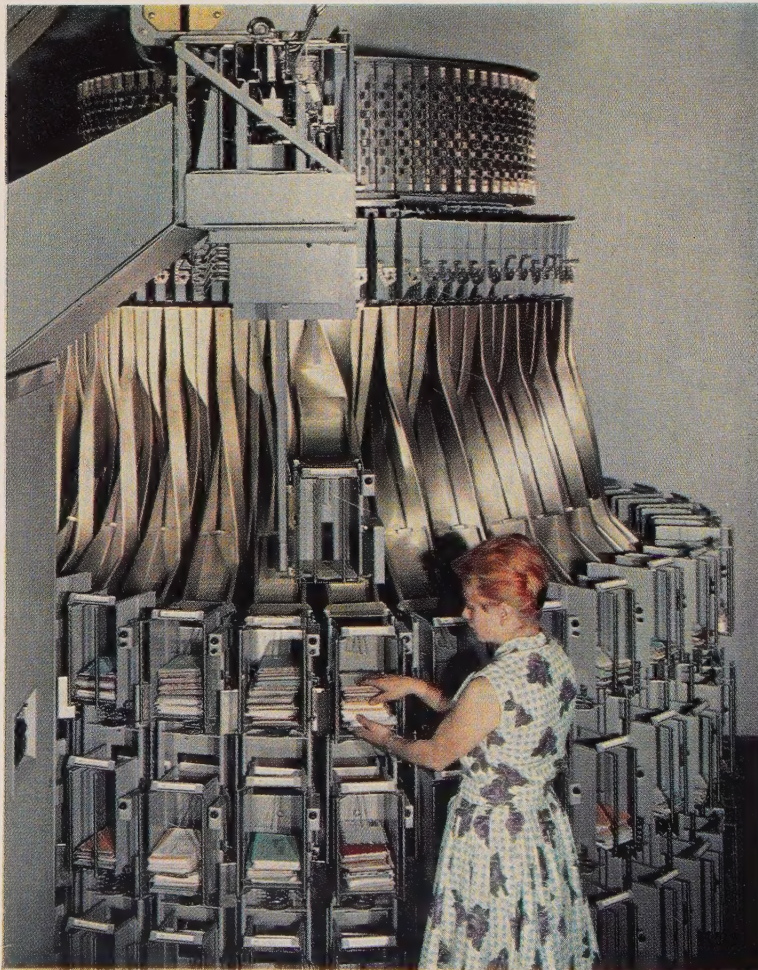
Die automatische Sortiermaschine

Von den Kodierplätzen gelangen die Briefe über Förderbänder in die Sortiermaschine. Bereits kodierte Sendungen von anderen Verteilämtern werden der Sortier-



Bild 1 Teilansicht der automatischen Briefsortiermaschine

Bild 2 Kodierplatz



maschine über Eingangsstapler unmittelbar eingegeben (Bild 4). Die Sortiermaschine ist karussellförmig aufgebaut. Die Briefe laufen zunächst über ein Förderband und zwei kurze horizontale Förderkanäle zu einem Kodeabtaster. Das Abtastergebnis wird einem elektronischen Sortierzuoordner mitgeteilt, der daraufhin feststellt, in welches Fach der Sortiermaschine der Brief geleitet werden soll. Anschließend nimmt eine der Taschen, die im oberen Teil der Maschine einen rotierenden Kranz bilden, den Brief auf. Die zugehörige Kennplatte über der Tasche speichert die Aussage des Sortierzuoordners. Unmittelbar unter den Taschen rotiert gegenläufig ein Kranz von Kanälen, die zu den einzelnen Fächern führen. Jedem dieser Führungskanäle ist als Abfrageeinrichtung eine Kontaktplatte fest zugeordnet, an der die Kennplatten vorbeiwandern. Der Brief läuft nun in seiner Tasche so lange über die Führungskanäle, bis die Aussage in der Kennplatte der Tasche mit dem festen Kennzeichen der Kontaktplatte des gesuchten Kanals überein-



Bild 3 Briefe mit aufgedrucktem Code

stimmt. In diesem Augenblick schließt die Kontaktplatte einen Auslösestromkreis; der Brief wird aus der Tasche ausgeklinkt und fällt durch den Führungskanal in das Fach, das der gewünschten Verteilrichtung entspricht.

Die Richtungsausscheidung vollzieht sich für jeden Brief also nur an einer einzigen Stelle, und er passiert diese Stelle ohne jede mechanische Beanspruchung, so daß Beschädigungen praktisch ausgeschlossen sind. Die Sicherheit des Sortiervorganges wird noch dadurch erhöht, daß die Kontaktplatten ausschließlich Schutzgaskontakte enthalten, die von den Kennplatten magnetisch betätigt werden [4]. Der beim Verarbeiten von Papier unvermeidliche Staub hat auf diese in Glasröhrchen eingeschmolzenen Kontakte keinen Einfluß.

Durch die langsame Drehung der Fächer für die sortierten Briefe ist es möglich, sie an einer stets gleichbleibenden Stelle zu entleeren. Dort werden die Fächer auch selbsttätig geöffnet (vgl. Bild 1). Für eine weitergehende Automatisierung der anschließenden Arbeitsgänge bestehen bei der rotierenden Sortiermaschine günstige Voraussetzungen.

Sollen die Briefe in großen Ämtern auf mehr als 100 Richtungen verteilt werden, so schaltet man mehrere Sortiergänge hintereinander. Das Programm der Sortiermaschine läßt sich durch einfaches Umschalten am

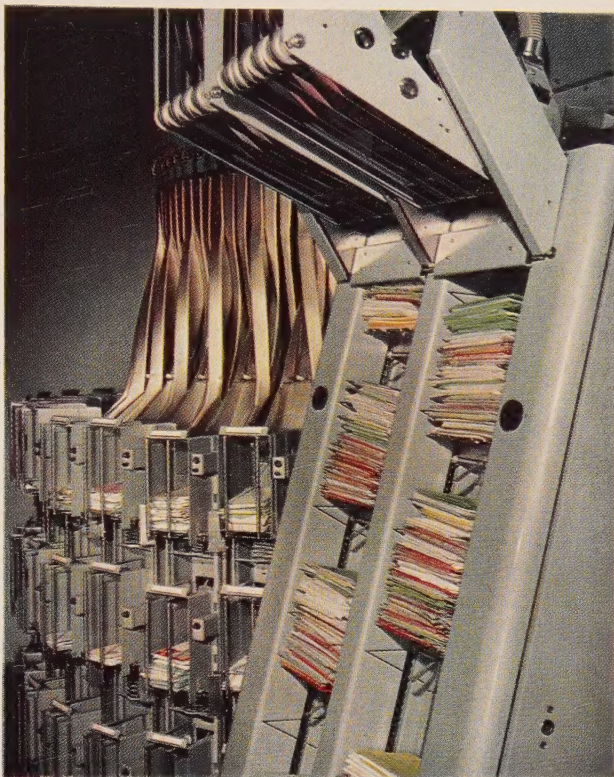


Bild 4 Briefeingabe, im Hintergrund die Sortiermaschine

Sortierzuoordner leicht wechseln. Beim Aufstellen mehrerer parallelarbeitender Maschinen wirkt sich deren kleine Grundfläche günstig aus – vor allem dann, wenn die Maschinen in bereits bestehenden Verteilämtern aufgestellt werden sollen.

Zu einer rotierenden Briefsortiermaschine gehört im allgemeinen eine Anzahl von Kodierplätzen mit Vorverteilung. Dadurch entsteht eine Anlageneinheit, mit der eine Sortierleistung bis etwa 30 000 Briefe je Stunde erreicht wird.

Die beschriebene Sortiermaschine bietet alle Voraussetzungen für einen vollautomatischen Arbeitsablauf in den Verteilämtern. So können künftig Klarschriftlesemaschinen das jetzt manuell auszuführende Kodieren automatisch vornehmen oder das Leseergebnis auch unmittelbar der Sortiermaschine mitteilen. Einrichtungen zum Ablesen einer vom Absender selbst aufgebrauchten Postleitzahl sind in Entwicklung.

Schrifttum

- [1] Steinmetz, H. und Albrecht, W.: Einsatz der Technik im Postbetriebsdienst. Arch. Post- u. Fernmeldewes. **11** (1959) 597 bis 630
- [2] Peek, M.: Voraussetzungen und Wege für eine Automatisierung im Briefabgang. Z. Post- u. Fernmeldewes. **10** (1958) 690 bis 698
- [3] Liske, G.: Das Codieren von Briefanschriften. Z. Post- u. Fernmeldewes. **12** (1960) 682 bis 688
- [4] Wolak, K.: Schutzgaskontakte und Schutzgaskontakt-Relais. Siemens-Zeitschrift **32** (1958) 845 bis 847

Paketförderanlage mit kontaktloser Zielsteuerung in einem Großversandhaus

VON HANS FRIEDRICH UND HANS OBERMEIER

Im Großversandhaus Quelle in Fürth (Bayern) werden die einzelnen Versandgüter in großen Lagern aufbewahrt, aus denen jeweils rechtzeitig Zwischenlager aufgefüllt werden. Von den Zwischenlagern aus nehmen die Güter dann ihren Weg zu den Kunden.

Das Auffüllen dieser Zwischenlager geschieht ohne großen Zeit- und Arbeitsaufwand mit Hilfe einer ausgedehnten Transportanlage. Für jedes der beiden Stockwerke, in denen sich Zwischenlager befinden, hat die Miag Mühlenbau und-Industrie GmbH, Braunschweig, einen Kreisförderer von etwa 400 m Länge mit je 42 Abwurfstellen geliefert. An einer Aufgabebühne werden die Pakete in die Gehänge des Kreisförderers gelegt, der sie dann bis zu der Abwurfstelle fördert, die dem für jedes Paket vorbestimmten Ziel zugeordnet ist. Dort wird das Gehänge gekippt und das Paket über eine Rutsche abgeworfen (Bild 1).

Zwei von den Siemens-Schuckertwerken gelieferte Zielsteuerungsanlagen besorgen die Anwahl der richtigen Abwurfstelle und somit das Sortieren der nach Art und Größe unterschiedlichen Pakete. Damit ist es möglich, die Zwischenlager automatisch zu beschicken.

Grundsätzlicher Aufbau der Zielsteuerung

Für jedes auf den Kreisförderer aufgegebene Paket muß der Zielort in die Steuerung eingetastet werden; die Zielkennzeichnung ist dann so lange zu speichern, bis das Paket die dem Zielort entsprechende Abwurfstelle erreicht hat. Dort wird selbsttätig die gespeicherte Zielkennzeichnung durch geeignete Einrichtungen abgefragt, der Kippvorgang ausgelöst und das Paket abgeworfen.

Bild 2 zeigt den grundsätzlichen Aufbau der Zielsteuerung. Beim Aufgeben eines Paketes auf ein Gehänge des

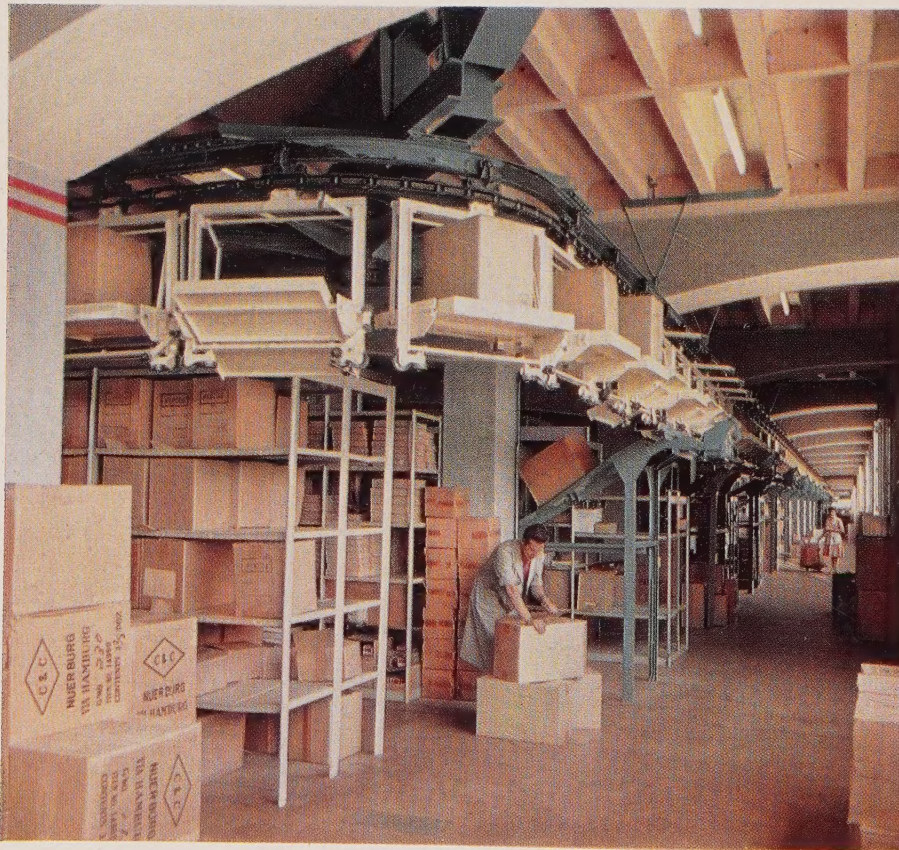
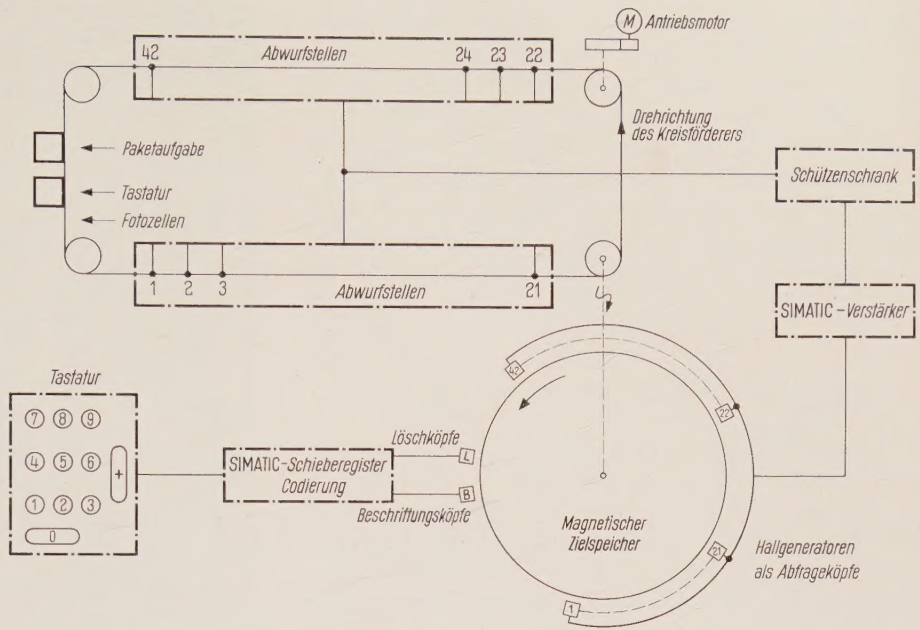


Bild 1 Kreisförderer mit 42 Abwurfstellen zur Belieferung eines Zwischenlagers im Großversandhaus Quelle. Jedes auf einem Gehänge befindliche Paket wird an seinem vorbestimmten Ziel automatisch auf eine Rutsche gekippt, auf der es vor das Lagergestell gleitet

Bild 2 Grundsätzlicher Aufbau der Zielsteuerung



Kreisförderers werden die ersten vier Ziffern der auf dem Paket aufgedruckten mehrstelligen Zahl über eine Tastatur in die Steuerung eingetastet (Bild 3). Da einer Abwurfstelle aus organisatorischen Gründen jeweils mehrere verschiedene Versandgüter zugeordnet sind, müssen die eingetasteten Zahlen in eine die Abwurfstelle bestimmende Signalkombination umkodiert werden. Sobald das Gehänge eine hinter der Eintastbühne angebrachte Fotozelle passiert, wird diese Signalkombination durch Beschriftungsköpfe auf magnetisierbare Bänder eines Zielspeichers aufgesprochen. Der magnetische Zielspeicher hat die Form einer Kopierwerktrummel. Er wird vom Kreisförderer mit einer Untersetzung von etwa 1:100 angetrieben und bildet die Länge des Förderers auf weniger als eine Umdrehung ab. Am Umfang der Trommel sind Hallgeneratoren als Abfrageköpfe so weit hinter den Beschriftungsköpfen angeordnet, daß die Signale gerade dann vom Hallgenerator abgefragt werden, wenn das Paket die gewünschte Abwurfstelle erreicht hat. Nun werden die Hallspannungen verstärkt und die Abwurfeinrichtungen in Tätigkeit gesetzt. Die Signale werden nach einer Umdrehung des magnetischen Zielspeichers durch Löschköpfe wieder gelöscht.

Eintasten des Zielortes in die Steuerung

Zum Eintasten von vier Ziffern stehen bei einer Fördergeschwindigkeit von 0,43 m/s etwa 1,5 s zur Verfügung. Es wurde daher eine Tastatur gewählt, die eine hohe Eintastgeschwindigkeit zuläßt. Die Tasten sind ähnlich wie bei manchen Rechenmaschinen angeordnet.

* Eingetragenes Warenzeichen

Beim Tasten wird über jeden Knopf ein Federkontakt betätigt, der einen elektrischen Impuls auslöst. Die Impulse wandern in der getasteten Reihenfolge in ein Schieberegister. Dieses ist aus einer Vielzahl von SIMATIC*-Bauteilen aufgebaut, die für diese Aufgaben besonders geeignet sind, da sie kontaktlos und praktisch trägheitslos arbeiten [1, 2].



Bild 3 Eintastbühne mit Tastatur zur Zielkennzeichnung der auf die Gehänge des Kreisförderers aufgegebenen Pakete. Das Förderband (im Vordergrund) führt die Versandgüter der Paketaufgabestelle des Kreisförderers zu

Das Schieberegister besteht – entsprechend der einzutastenden vierstelligen Zahl – aus vier Schrittschleifen. Jede einzelne Stufe ist vierstellig mit der Wertigkeit 1-2-4-2 (Verschlüsselung nach dem Aiken-Code). Beim Eintasten z. B. der Ziffer 8 wird in der ersten Registerstufe die Kombination 2 + 4 + 2 gesetzt. Bei jedem nachfolgenden Tastimpuls werden diese Komponenten um eine Schrittschleife weitergeschoben. Eine Lampenkombination, die auf dem Registereinschub angeordnet ist, ermöglicht das Prüfen der eingetasteten Zahlen.

Umkodierung und Auswertung

Wenn das Gehänge mit dem aufgegebenen Paket an der ersten Lichtschranke unmittelbar neben der Eintastbühne vorbeiwandert, wird die bisher im Schieberegister gespeicherte vierstellige Zahl in den Auswerter übertragen und dort in eine zweistellige Zahl umgewandelt. Das Schieberegister wird nach der Auswertung, die innerhalb weniger Mikrosekunden geschieht, für eine neue Eintastung frei. Die jetzt im Auswerter festgehaltene zweistellige Zahl kennzeichnet die zwei zu beschreibenden Magnetbänder des Zielspeichers und damit die anzusteuernde Abwurfstelle. Gleichzeitig werden die über diesen Magnetbändern angeordneten Beschriftungsköpfe erregt; sie beschreiben die Bänder. Die Länge der positiven Schreibspur (etwa 6 mm) ist durch eine zweite Lichtschranke festgelegt und deshalb von der Geschwindigkeit des Förderers unabhängig. Die zweite Lichtschranke löscht gleichzeitig die im Auswerter stehenden Zahlen und macht ihn aufnahmebereit für die nächste Kodierung.

Werden für ein beladenes Gehänge weniger als vier Ziffern eingetastet, so wird eine besondere Fehlstoßstelle angesteuert, von der aus die Pakete durch ein Förderband wieder zur Aufgabebühne zurückgeführt werden. Werden mehr als vier Ziffern eingetastet, so berücksichtigt das Schieberegister nur die zuletzt eingetasteten Ziffern. Bleibt ein Gehänge leer, so verhindert eine weitere Lichtschranke ein Beaufschlagen der Magnetbänder. Mit einer Löschtaaste können versehentlich falsch eingetastete Signale wieder gelöscht werden.

Die verwendeten SIMATIC-Bauteile sind in Einschüben zusammengefaßt. Bei Bedarf können deshalb einzelne Teile leicht ausgewechselt werden, wodurch die Stillstandszeit bei einer Störung beträchtlich verkürzt wird. Außer Registereinschüben gibt es Einschübe für die Stromversorgung, Kodierung, Verstärkung und die Überwachung der Lichtschranken. Sie sind in einem SIMATIC-Schrank (Bild 4) zusammengefaßt, in dem auch Platz für Reserveeinschübe ist. Die Verbindungen zwischen den Einschüben und den Klemmenleisten gehen über Vielfachstecker und sind als Kabelbaum-Verdrahtung ausgeführt.

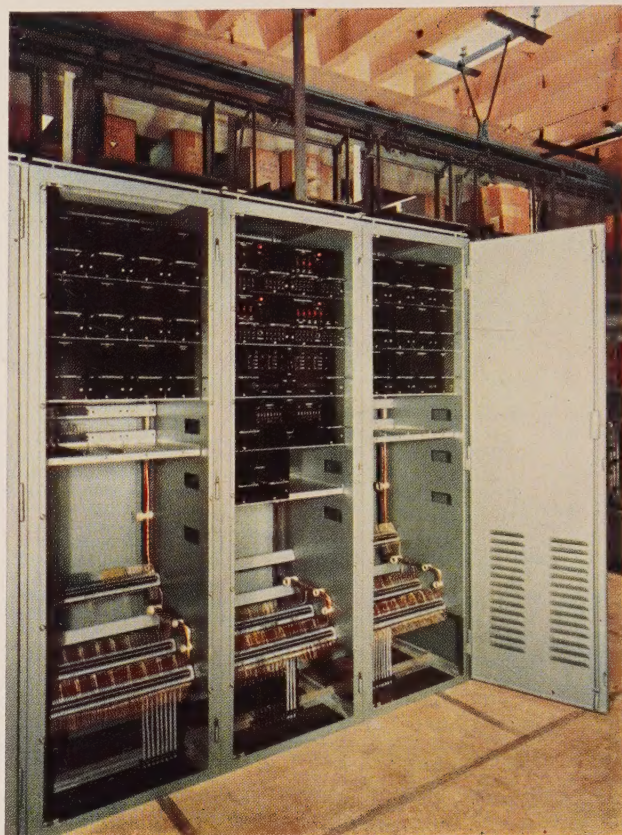


Bild 4 SIMATIC-Schrank mit Einschüben und Kabelbaum-Verdrahtung. Über dem Schrank ist der Kreisförderer erkennbar

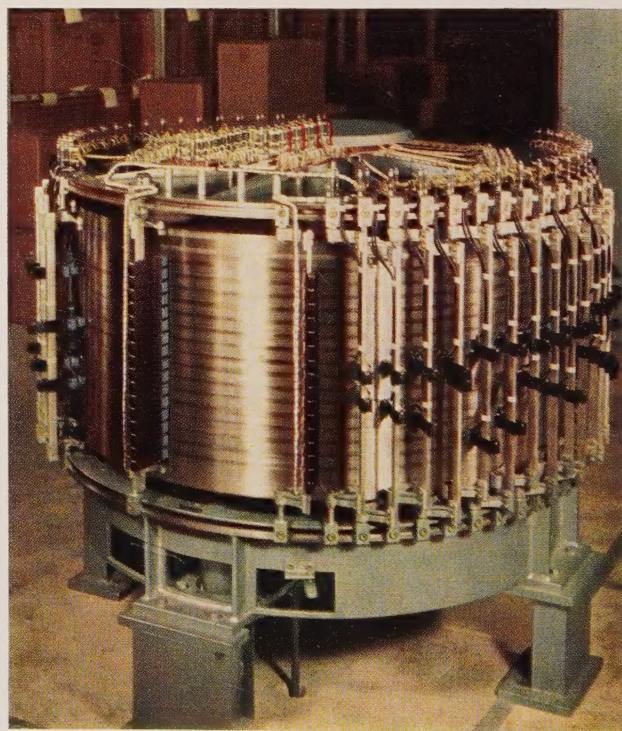


Bild 5 Magnetischer Zielspeicher mit Magnetbändern, Beschriftungs-, Löscher- und Abfrageköpfen

Speichern der Zielkennzeichnung im magnetischen Zielspeicher

Das weitere Speichern der aufgesprochenen Signale übernimmt der magnetische Zielspeicher (Bild 5). Ein stabiles Stahlgestell trägt eine senkrecht gelagerte Trommel mit mehr als 1 m Durchmesser, auf die 16 Magnetbänder aufgebracht sind. An den kreisförmigen Grund- und Deckplatten sind 44 senkrechte Stäbe kontinuierlich verschiebbar befestigt. Auf ihnen sind über den Magnetbändern 16 Beschriftungsköpfe, 84 Abfrageköpfe und 16 Löschköpfe angeordnet. Durch eine Feinjustierung können sie auf 0,1 mm Abstand von den Magnetbändern eingestellt werden, so daß sowohl das Beschriften als auch das Abfragen berührungsfrei möglich ist. Die Trommel wird von einer Umlenkscheibe des Förderers über zwei Kegelradgetriebe angetrieben, die an der Decke des darunterliegenden Stockwerkes aufgehängt sind.

Die Löschköpfe sind dauernd mit -24 V erregt und prägen den Magnetbändern eine negative Magnetisierung auf. Sobald über den Auswerter zwei Beschriftungsköpfe zur Kennzeichnung des Zielortes erregt werden, erhalten die beiden darunterliegenden Magnetbänder eine positive Magnetisierung. Diese Zielkennzeichnung steht an der Abfragestelle in voller Höhe unverändert an, so daß die Funktionssicherheit der Anlage auch beim Anfahren oder nach Spannungsabschaltungen voll gewährleistet ist.

Für die Magnetbänder als Informationsträger wird eine hartmagnetische Metallfolie verwendet, die nach einem neuartigen Verfahren magnetisiert wird. Dadurch ist das Aufzeichnen und Abfragen beliebig langer Gleichfeldsignale möglich. Als Rückschluß für den aus dem Beschriftungskopf austretenden magnetischen Kraftfluß wird der Trommelmantel als weichmagnetische Unterlage benutzt (Bild 6 oben). Hiermit wird – trotz großflächiger Magnetisierung und der sich daraus ergebenden hohen Signalspannung – eine scharfe Begrenzung des Signals erreicht.

Durch die stetige Drehung der Kopierwerktrummel werden die magnetischen Signale entsprechend dem Paketumlauf weiterbewegt. Auf diesem Weg durchlaufen sie die der Spurenkombination zugehörige Abfragestelle, wo sich über den erwähnten Spuren zwei Abfrageköpfe befinden.

Abfrageeinrichtung mit Hallgeneratoren

Der aktive Teil des Abfragekopfes ist ein Hallgenerator [3, 4], der von einem konstanten Steuerstrom durchflossen wird und unter dem Einfluß der magnetischen Induktion des Magnetbandes eine der Induktion proportionale Hallspannung abgibt.

Die Hallspannung wird auch von ruhenden Magnetfeldern und ohne Relativbewegung des Leiters zum Feld erzeugt. Zur Signalgabe können daher Magnetfelder be-

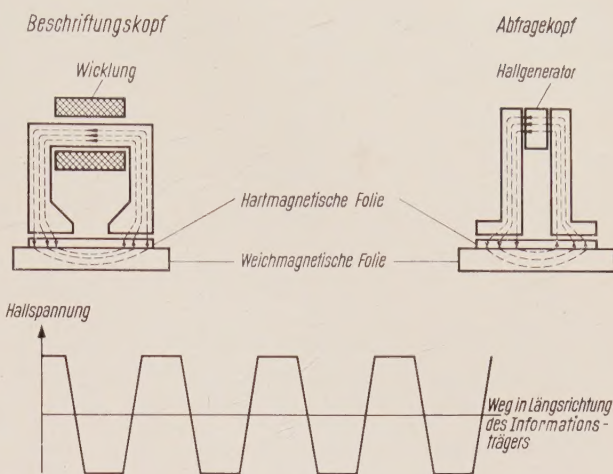


Bild 6 Grundsätzlicher Aufbau der Beschriftungs- und Abfrageköpfe (oben) und Verlauf der Hallspannung (unten)

nutzt werden, die sich schnell oder auch beliebig langsam verändern.

Wegen der negativen Magnetisierung der Bänder steht an den Abfrageköpfen eine negative Hallspannung an, die in eine positive umgewandelt wird, wenn ein positiv magnetisches Signal auf den Bändern unter den Hallkopf wandert. Diese Art der Abfrage mit Signalumkehrung ergibt am Hallgenerator eine steil ansteigende Hallspannung, die für die notwendige Signalschärfe erforderlich ist. Außerdem wird der Einfluß von Fremdfeldern, der zu Fehlsignalen führen könnte, nahezu ausgeschlossen. Bild 6 zeigt schematisch das Aufsprechen und Abfragen der Signale und den Verlauf der Hallspannung in Abhängigkeit vom Weg auf dem Informationsträger bei der Abfrage von gleichlangen positiven und negativen Signalen.

Die Amplitude der Hallspannung ist so groß, daß die normalen SIMATIC-Stufen mit mehrfacher Sicherheit direkt angesteuert werden können.

Signalverarbeitung und Abwerfen des Paketes

Die Signalspannungen werden im SIMATIC-Schrank weiterverarbeitet. Solange durch die negative Magnetisierung der Bänder eine negative Hallspannung ansteht, führen die Eingänge der Umkehrstufe L-Signal. Erst wenn an beiden Hallgeneratoren eine positive Hallspannung erscheint, verschwinden an den beiden Eingängen der Umkehrstufe die L-Signale. Infolge der Signalumkehr erscheint dann am Ausgang L-Signal.

Für Einzelsignale, die aus anderen Kombinationen ankommen, bleibt die Stufe gesperrt. Das Ausgangssignal wird in einer Leistungsstufe verstärkt und erregt ein Hilfsrelais, das über ein Schütz die Abwurfvorrichtung betätigt, wodurch das Gehäuse gekippt und das Paket abgeworfen wird. Bild 7 zeigt die Schaltung dieses letzten Abschnitts der Signalverarbeitung.

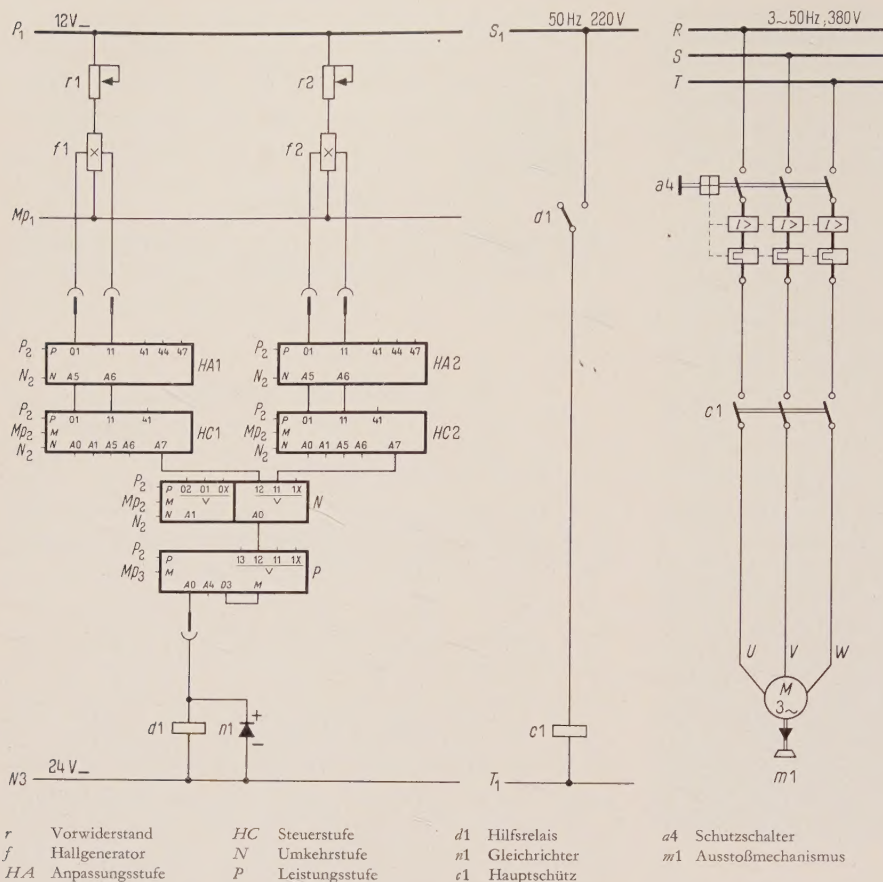


Bild 7 Stromlaufplan für die Verarbeitung der Signale in der Zielsteuerungsanlage

Der geschilderte Signaldurchlauf wiederholt sich bei jedem beladenen Gehänge, d.h. normalerweise nach 1,5 s. Nur der Einsatz der SIMATIC-Bauteile und Hallgeneratoren zusammen mit dem magnetischen Zielspeicher ermöglichte eine optimale Lösung dieses Steuerproblems. Wenige Arbeitskräfte sind damit in der Lage, den Transport aller anfallenden Pakete vorzunehmen und diese auf die 42 Abwurfstellen zu verteilen. Die beiden Anlagen haben sich während der vergangenen Monate bewährt.

Schrifttum

- [1] Zenneck, H. und Tschermak, M.: Das SIMATIC-System – eine Neuentwicklung für Steuerungen. Siemens-Zeitschrift 33 (1959) 593 bis 598
- [2] Weitbrecht, W. und Sinn, G.: Aufbau des SIMATIC-Systems. Siemens-Zeitschrift 33 (1959) 598 bis 606
- [3] Kuhr, F.: Eigenschaften der Hallgeneratoren. Siemens-Zeitschrift 28 (1954) 370 bis 376
- [4] Kuhr, F., Stark, G. und Wolf, F.: Wiedergabe von Magnettonaufzeichnungen mit Hilfe des Halleffektes. Elektron. Rdsch. 13 (1959) 407 und 408

Stromversorgungseinrichtungen für Nachrichten-Weitverkehrsämter

VON ERICH GANZER UND WILHELM GLIEMANN

Bei der Entwicklung von Stromversorgungs-Geräten und -Schaltanlagen für Nachrichten-Weitverkehrsämter muß die Betriebssicherheit im Vordergrund stehen. Erst in zweiter Linie sind Wirtschaftlichkeit, Wartungs- und Anschaffungskosten von Bedeutung.

Andere Forderungen ergeben sich aus folgendem:

In den Ämtern werden sehr unterschiedliche Spannungen benötigt, und zwar

Anodengleichspannung 212 V \pm 2%, unterbrechungsfrei;

Heizwechselspannung 220 V \pm 2% für die Netzgeräte im Amt; hier sind Unterbrechungen von etwa 3 s zulässig;

Wechselspannung 220 V oder 380 V \pm 2% für Richtfunkanlagen und Fernspeisungs-Einrichtungen, unterbrechungsfrei;

niedrige Gleichspannungen (\leq 24 V) für Transistoren.

Ferner soll im Normalbetrieb die gesamte für die Stromversorgungseinrichtungen benötigte Energie aus dem öffentlichen Starkstromnetz bezogen werden, im Notbetrieb aus betriebseigenen Speichern (z. B. Bleiakkumulatoren). Der Notbetrieb ist einzuleiten, wenn das Netz ausfällt oder die Netzspannung sehr stark schwankt. Bei längeren Netzstörungen soll eine Netzersatzanlage, meistens ein Dieselgenerator, die Energie liefern.

Die heute üblichen Stromversorgungsanlagen lassen sich in folgende Gruppen einteilen (vgl. Bilder 1 und 2):

- Netzschaltanlage (A)
- Anodenstromversorgung (B)
- Heizstromversorgung (C)
- Unterbrechungsfreie Wechselstromversorgung (D)
- Stromversorgung für Transistorgeräte (E).

Netzschaltanlage

In der Netzschaltanlage werden das Ortsnetz und das Ersatznetz überwacht, außerdem wird hier die Energie auf die einzelnen Zweige verteilt. Von der Netzüberwachung gehen auch die Impulse aus, die den Notbetrieb einleiten. Das Ortsnetz (oder Ersatznetz) wird auf Unterspannung und Symmetrie der Leiterspannungen überwacht (Bild 3). Alle an die Netzschaltanlage angeschlossenen Geräte sind für -20 bis $+10\%$ Netzspannungsänderung bemessen; diesen Toleranzen ist die Überwachung angepaßt. Bei einem Abfall der Netzspannung um mehr als 20% oder bei Ausfall einer der drei Leiterspannungen wird auf Notbetrieb geschaltet. Die wiederkehrende Netzspannung muß mindestens 198 V betragen ($\triangleq 220\text{ V} - 10\%$), damit die Überwachungsrelais ansprechen. Ein Zeitglied, das erst anlauft, wenn diese Spannung wieder erreicht ist, prüft je nach Einstellung 1 bis 10 min lang die Stabilität der wiedergekehrten Netzspannung und schaltet dann auf Normalbetrieb zurück.

In der Symmetrieüberwachung wird aus drei Widerständen (R_1, R_2, R_3) ein künstlicher Sternpunkt gebildet. Tritt in dem zu überwachenden Drehstromsystem eine Unsymmetrie der Leiterspannungen auf, so entsteht zwischen dem künstlichen Sternpunkt und dem Mp -Leiter eine Spannung. Überschreitet diese einen auf 10% ige Unsymmetrie der Leiterspannungen eingestellten Grenzwert, dann spricht ein empfindliches Relais (Ph) an.

Ist das überwachte Drehstromsystem nicht oberwellenfrei, so können Oberwellen mit durch drei teilbarer Ordnungszahl auch bei völliger Symmetrie das Überwachungssystem zum Ansprechen bringen. Dies ist schon bei einem Oberwellengehalt von $3\frac{1}{3}\%$ der Fall. Damit die Symmetrieüberwachung auch bei hohem Oberwellengehalt, wie er bei Netzersatzanlagen auftreten kann, nicht anspricht, ist ein Tiefpaßfilter ($L1, C1, L2$,

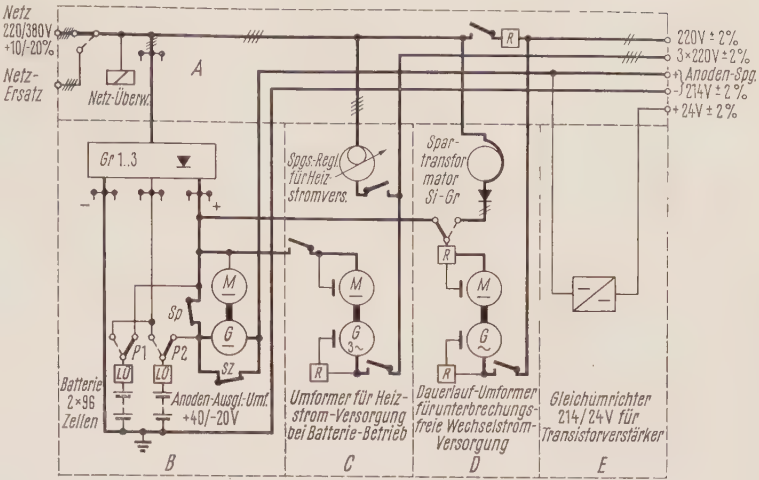


Bild 1 Grundsaltung der Stromversorgung in Weitverkehrsämtern

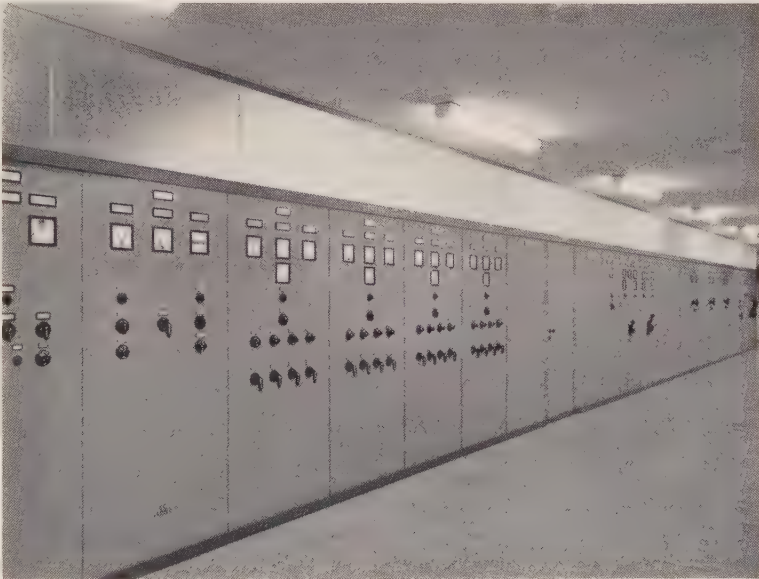


Bild 2 Netz- und Batterieschaltfelder, Gleichrichter und Umformerfelder eines großen Weitverkehrsamtes; Nennleistung insgesamt 450 kVA

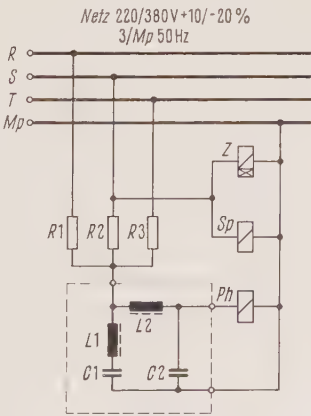


Bild 3 Netzüberwachung

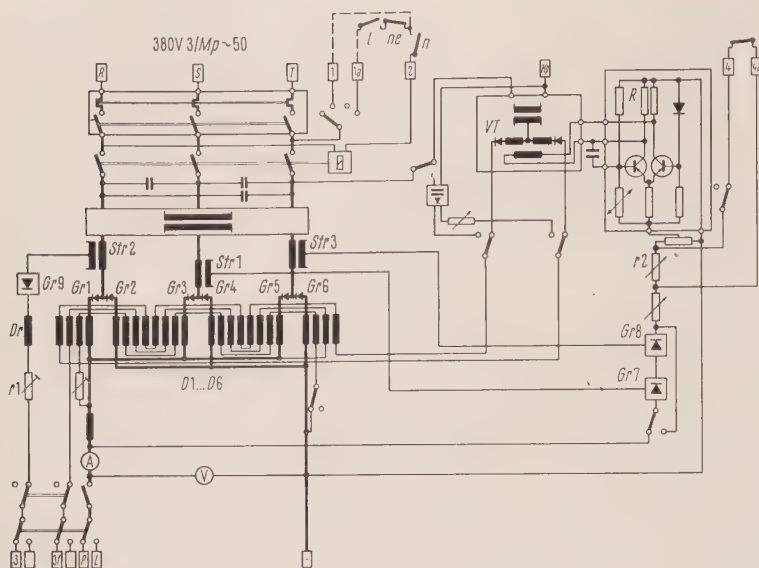
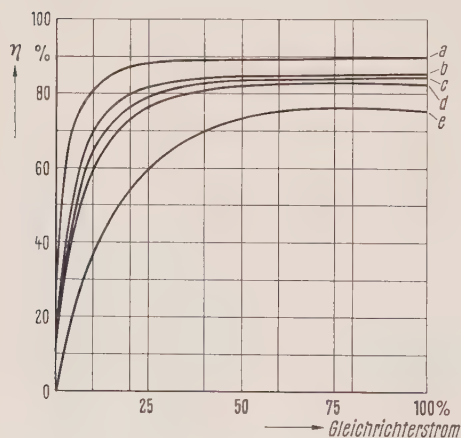


Bild 4 Grundschaaltung des Gleichrichtergerätes

C 2) vorgesehen. Der Oberwellengehalt darf 25 bis 30 % betragen, ohne daß die Ansprechgrenze des Überwachungssystems wesentlich verändert wird.

Anodenstromversorgung

Die Anodenspannung muß den Verstärkern völlig unterbrechungsfrei und mit höchstens 2 % Abweichung geliefert werden. Bei Betrieb aus einem Wechselstromnetz, also aus dem öffentlichen Netz oder einem Ersatznetz mit Dieselgenerator, wird die Anodenspannung für das ganze Amt von einem oder mehreren geregelten Gleichrichtergeräten geliefert, sofern die Gestelle der Weitverkehrseinrichtungen nicht mit Vollnetzgeräten ausgestattet sind, die alle notwendigen Betriebsspannungen (einschließlich Anodenspannung) selbst abgeben.



a Gleichrichtergerät 214 V, 200 A
b Gleichrichtergerät 214 V, 100 A
c Gleichrichtergerät 214 V, 50 A
d Gleichrichtergerät 214 V, 25 A
e Gleichrichtergerät 214 V, 12 A

Bild 5 Wirkungsgrad der Gleichrichtergeräte

Parallel zu den Gleichrichtergeräten liegt eine 96zellige Batterie. Die Ausgangsspannung der Gleichrichtergeräte beträgt im Normalbetrieb 214 V (= 212 V Anodenspannung + 2 V Spannungsabfall).

Bei Notbetrieb übernimmt die Batterie die Energielieferung. Die bei Entladung sinkende Batteriespannung wird durch eine Ausgleichseinrichtung auf den Sollwert der Amtsspannung ergänzt.

Nach Rückkehr der Netzspannung muß die Batterie geladen werden. Die Gleichrichtergeräte geben dafür die erhöhte Spannung von 230 V ($\pm 2,4$ V/Zelle) ab. Dabei wird die Amtsspannung wieder durch die Ausgleichseinrichtung auf ihren Sollwert 214 V gebracht. Das Rückschalten der Gleichrichtergeräte auf Normalbetrieb und Abschalten der Ausgleichseinrichtung übernimmt eine Ladestrom-Überwachungseinrichtung.

Das Gleichrichtergerät nimmt aus dem Netz Wechsel- oder Drehstrom auf und gibt im Normalbetrieb geregelte Gleichspannung von 214 V ab.

Beim Ladevorgang wird einer stark entladenen Batterie bei Ladespannungen unter 230 V konstanter Strom zugeführt; erreicht die Ladespannung 230 V, dann bleibt bei abnehmendem Strom die Spannung konstant. Die Automatik der Batterieladung kann durch eine Handsteuerung ersetzt werden, wobei sich die Batteriespannung bis auf 260 V (2,7 V/Zelle) anheben läßt.

Die Leistungsgleichrichter (Gr 1 bis Gr 6) sind in Drehstrom-Brückenschaltung ausgeführt (Bild 4). Ein Leistungstransduktor (D1 bis D6) auf der Sekundärseite des Haupttransformators hält die Ausgangsspannung konstant. Der Leistungstransduktor erhält eine ausreichende Aussteuerung über den Vorstufentransduktor VT. Dazu werden im Regler R der Sollwert und gleichzeitig die Differenz zwischen Soll- und Istwert als Regelabweichung gebildet, die zum Aussteuern des Vorstufen- und damit auch des Leistungstransduktors dient. Beide Transduktoren sind stromgesteuerte, spannungssteuernde Magnetverstärker.

Zur Strombegrenzung wird an den Stromwandlern Str 1 und Str 3 eine Wechselfspannung abgegriffen, die dem vom Gleichrichtergerät abgegebenen Gleichstrom proportional ist. Über die Gleichrichter Gr 7 und Gr 8 kommt diese Vergleichsspannung in den Regler-Istwert-Kreis. Überschreitet der Gerätestrom seinen Nennwert, dann tritt im Istwert-Kreis eine Zusatzspannung auf, die die beiden Transduktoren auf kleinere Geräte-Ausgangsspannung steuert. Falls die Leistung des Ersatznetz-Aggregates für die angeschlossenen Verbraucher nicht ausreicht, kann die Strombegrenzung entsprechend eingestellt werden,

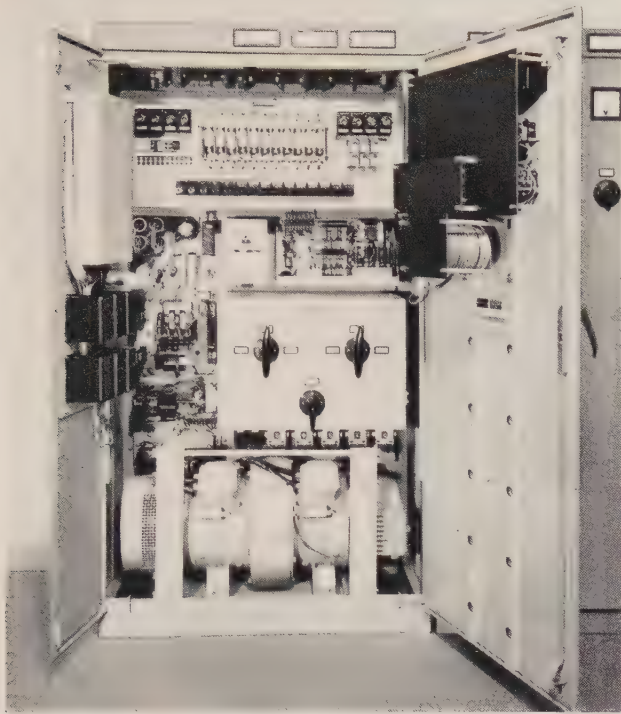


Bild 6 Batterieschaltschrank mit Ausgleichsumformer und Ladestromüberwachung

und zwar auf 40, 60 oder 80% des Gerätenennstromes. Die unterschiedliche Ausgangsspannung bei Normalbetrieb und beim Ladevorgang wird durch Schließen und Öffnen eines Kontaktes an den Klemmen 4 und 4a der Batterieschaltanlage eingestellt (Widerstand r_2 eingeschaltet oder kurzgeschlossen).

Um bei Parallelbetrieb zweier Gleichrichtergeräte gleichmäßige Stromverteilung zu erreichen, wird am Stromwandler *Str 2* eine Wechselfrequenz abgegriffen und daraus (über Gleichrichter *Gr 9*, Drossel *Dr* und Einstellwiderstand r_1) eine Gleichspannung gebildet, die dem vom Gleichrichtergerät abgegebenen Ausgangsstrom proportional ist. Sie läßt sich mit einer entsprechenden Spannung des parallel zu betreibenden Gerätes zusammenschalten, wodurch bei Spannungsunterschieden in den beiden parallelen Kreisläufen deren Vorstufentransformatoren jeweils entgegengesetzt angesteuert werden. Zur weiteren Verbesserung der Stromverteilung können durch Verbinden der Klemmen 3f auch die Leistungstransformatoren in den Ausgleich einbezogen werden.

Die Gleichrichtergeräte arbeiten mit Siliziumelementen, deren guter Wirkungsgrad gegen-

über Selensäulen den Gesamtwirkungsgrad des Gerätes um etwa 10% verbessert.

Da die Anodenspannung vom Gleichrichtergerät aus unmittelbar dem Amt zugeführt wird, arbeitet die Anlage mit einem Wirkungsgrad, der etwa dem der Gleichrichtergeräte entspricht (Bild 5). Der Erhaltungstrom für die Batterie ist so gering, daß er für den Gesamtwirkungsgrad keine Bedeutung hat.

Die Bilder 6 und 7 zeigen die Batterieschaltanlage mit Ausgleichseinrichtung und Ladestromüberwachung. Die 96zellige Bleibatterie (Bild 8) ist aus Sicherheitsgründen in zwei Parallelgruppen aufgeteilt und für einen vierstündigen Notbetrieb bemessen. Jede Batteriehälfte läßt sich mit dem Schalter *P1* oder *P2* (s. Bild 1) zur Sonderbehandlung auf die Ladeschiene schalten.

Im Normalbetrieb sorgt das geregelte Gleichrichtergerät für konstante Anodenspannung. Da nach einem Netzausfall die Batterie die Energieversorgung übernimmt, wobei die Batteriespannung langsam sinkt, ist in die Anodenverbraucherleitung eine Einrichtung für den

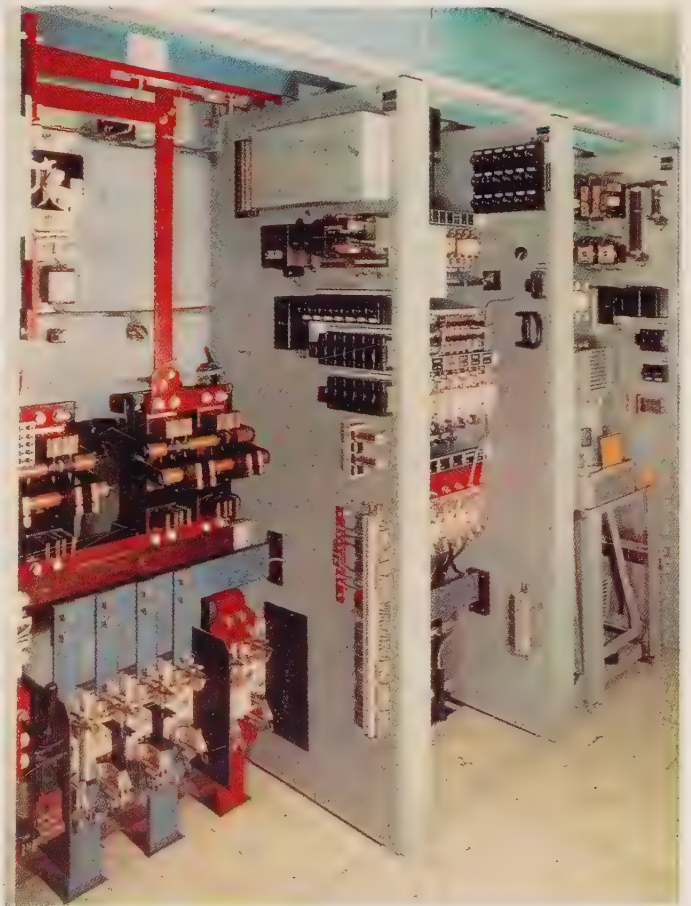


Bild 7 Batterieschaltanlage mit Ausgleichsumformer und Ladestromüberwachung

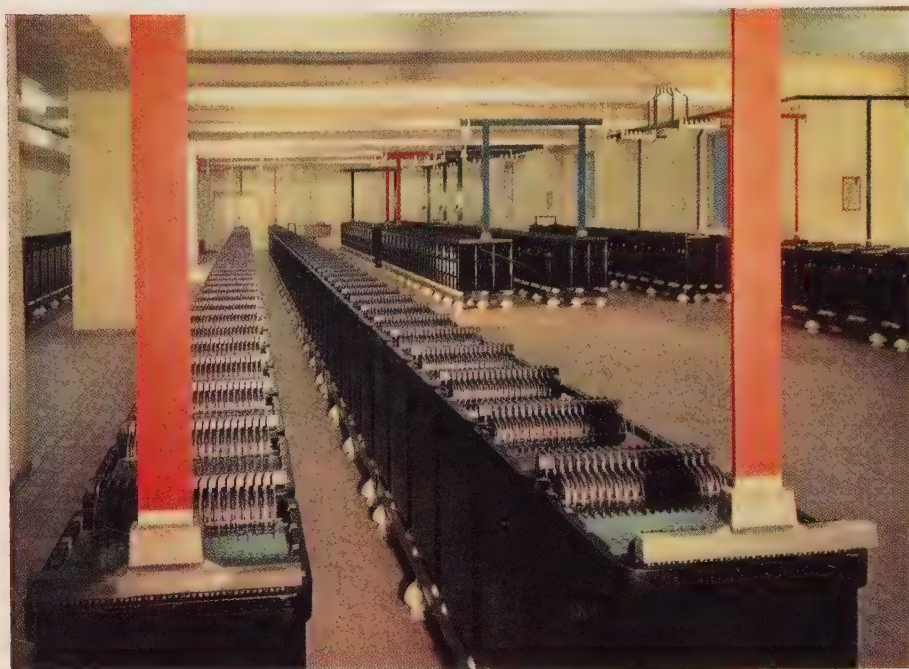


Bild 8 Batterieraum
mit 2×96 Zellen (3200 Ah
bei 10 Stunden Entladezeit)

Spannungsausgleich eingefügt. Auch während des Ladens der Batterie hält diese Ausgleichseinrichtung die Anodenspannung konstant.

Bild 9 gibt die Spannungsverhältnisse (ohne Zeitmaßstab) wieder. Bei der Entladung muß der sinkenden Batteriespannung eine Zusatzspannung, bei Wiederaufladung zuerst eine Zusatz-, später eine Gegenspannung in Reihe geschaltet werden. Diese Aufgabe erfüllt als Ausgleichseinrichtung eine Gleichstrom-Nebenschlußmaschine (Bild 10). Die von ihr abgegebene Spannung läßt sich nach Größe und Richtung beliebig steuern.

Der Ausgleichsumformer ist bei Normalbetrieb mit dem Schützkontakt *sz* überbrückt und steht still. Er vermindert also nur für die Zeit des Netzausfalles und der Ladung nach Rückkehr der Netzspannung den Wirkungsgrad der Anlage. Im Augenblick des Netzausfalles weicht die Verbraucherspannung bis zum Anlaufen des Ausgleichsumformers von ihrem Sollwert ab. Um diesen Spannungseinbruch klein zu halten, werden zunächst die beiden Batteriehälften durch den Kontakt *sp* getrennt. Während die eine Batteriehälfte weiterhin die Anodenverbraucher mit Spannung versorgt, laufen (an der zweiten Batteriehälfte liegend) der Anoden-Ausgleichsumformer und auch das Umformeraggregat für die Heiz-Wechselspannung an. Die Anlaufströme der Motoren betragen das 1,5- bis 2,0fache ihres Motor-Nennstromes. Wenn der Nennstrom erreicht ist, werden die Batteriehälften wieder zusammengeschaltet.

Nach dem Anlaufen des Anoden-Ausgleichsumformers wird dessen Generator zuerst so gesteuert, daß – zu-

nächst bei noch geschlossenem Kontakt *sz* – der Verbraucherstrom über den Generatoranker fließt. Dazu wird der über den Kontakt *sz* fließende Strom am Nebenwiderstand *RN* gemessen und mit ihm ein Magnetverstärker *MV* in geeigneter Weise beeinflusst. Hat der Aus-

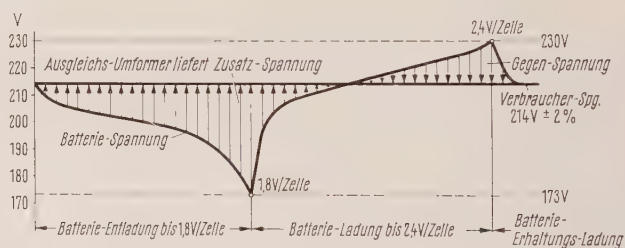


Bild 9 Ausgleich der Batteriespannung beim Entladen und Laden

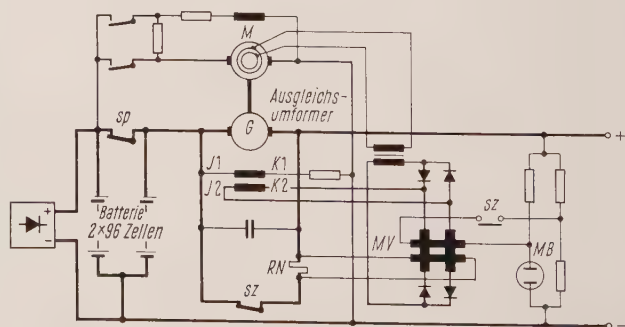


Bild 10 Anoden-Ausgleichsumformer

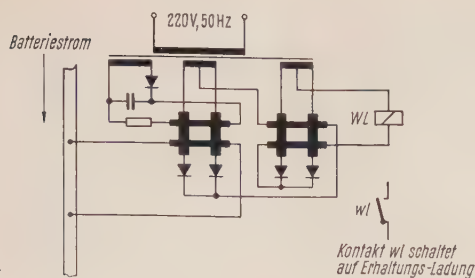


Bild 11
Ladestrom-
überwachung

gleichsumformer den Verbraucherstrom ganz übernehmen, dann ist *sz* stromlos und wird geöffnet.

Mit dem Öffnen des Überbrückungskontaktes beginnt die Spannungsregelung. Die Stabilisatorbrücke *MB* stellt die Abweichung der Verbraucherspannung vom Sollwert fest. Je nach Abweichung ändert sich die Erregung der Ausgleichsmaschine so, daß die Zusatz- oder Gegenspannung die Verbraucherspannung auf $\pm 2\%$ konstant hält. Der Generator der Ausgleichsmaschine wird mit Hilfe von zwei Erregerwicklungen gesteuert. In der Wicklung *J1*, *K1* fließt ein Strom aus der Batterie (Grunderregung); *J2*, *K2* wird vom Magnetverstärker *MV* gespeist. Es entsteht entweder eine Zusatzspannung von maximal 40 V, die bei Batterieentladung und am Beginn ihrer Aufladung wirksam ist, bis die Batteriespannung wieder den Nennwert erreicht, oder es entsteht eine Gegenspannung von maximal 20 V, die wirksam ist, solange der Ladevorgang anhält.

Der Ausgleichsumformer läuft, bis nach Rückkehr der Netzspannung der Batterieladestrom auf etwa 10 % des zehnstündigen Entladestromes zurückgegangen ist, d. h., bis die Batterie nahezu ihren vollen Füllungsgrad erreicht hat.

Ist der Ladevorgang abgeschlossen, dann werden die Gleichrichtergeräte auf die Erhaltungsladespannung (214 V) umgeschaltet. Da diese gleich der Amtsspannung ist, liefert die Ausgleichsmaschine keine Spannung mehr; sie kann also mit dem Überbrückungskontakt *sz* wieder kurzgeschlossen und stillgesetzt werden.

Den Ladestrom überwacht eine Magnetverstärkerschaltung (Bild 11). An einem Stück des Leiters, über den der Batteriestrom fließt, wird eine stromproportionale Spannung von wenigen Millivolt abgegriffen. Diese Spannung liegt an der Steuerwicklung des zweistufigen Magnetverstärkers. Die Steuerwicklung hält eine große Belastung aus, wie es wegen des in weiten Grenzen schwankenden Batteriestromes erforderlich ist. Der Magnetverstärker, dessen Endstufe durch Stromrückkopplung bistabiles Verhalten zeigt, weist eine Stromverstärkung von

10^7 auf und steuert mit einer Steuerstromänderung von 0,2 mA das Schaltrelais *WL*, das die Umschaltung der Gleichrichtergeräte von der Ladespannung auf die Erhaltungsladespannung veranlaßt. Die Hilfsenergie bezieht der Magnetverstärker aus dem Wechselstromnetz. Die Ladestromüberwachung ist sehr betriebssicher und für alle Batteriegrößen anwendbar, da die Abgriffe am Batteriestromleiter je nach Querschnitt und Batterie-Nennstrom gewählt werden können.

Heizstromversorgung

Die Heizenergie für die Verstärkerröhren wird bei Normal- und Ersatzbetrieb unmittelbar dem Netz entnommen. Da die Netzspannung mit ± 10 bis -20% um den Nennwert 220 V schwanken darf, gleichen Regler die Ausgangsspannung auf $220\text{ V} \pm 2\%$ aus. Im Notbetrieb liefert ein Gleichstrom-Drehstrom-Umformer, der an die Anoden-Amtsbatterie angeschlossen wird, die Ersatzspannung (Bild 12).

Bei Netzausfall vergehen etwa 2 s, bis die Ersatzspannung den Nennwert erreicht hat (Schaltzeit und Anlaufzeit des Umformers). Die Wärmeträgheit der indirekt geheizten Röhren überbrückt eine solche Spannungslücke, ohne daß die Verstärkung merkbar absinkt. 2 s Unterbrechungszeit beziehen sich auf eine Umformereinheit von 22 kVA; bei kleineren Umformerleistungen ist die Unterbrechungszeit kürzer. Bild 13 zeigt den zeitlichen Verlauf der (Anoden- und) Heizspannung bei Ausfall des Ortsnetzes.

Der Umformer für die Heizstromversorgung ist ein eigens hierfür konstruierter Eingehäuse-Umformer (s. Bild 15, rechts). Bei einem Anlaufstrom, der das 1,5fache des Nennstromes beträgt, und bei einer Umformerleistung von 22 kVA werden 80 % des Nennwertes der Heizspannung in etwa 1 s erreicht.

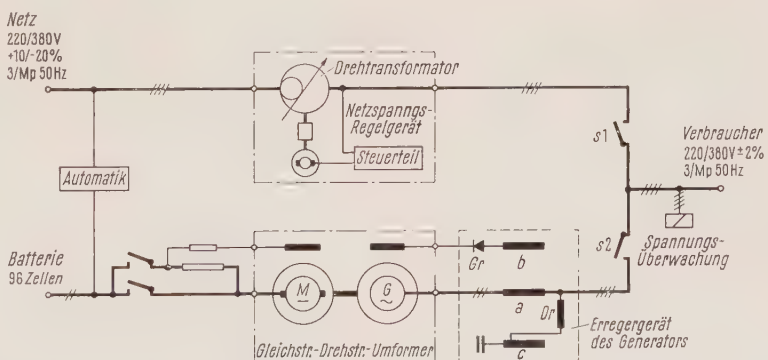


Bild 12 Heizstromversorgung

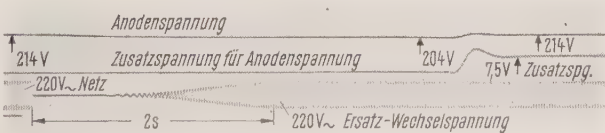


Bild 13
Verlauf der
Heiz- und
Anoden-
spannung bei
Netzausfall

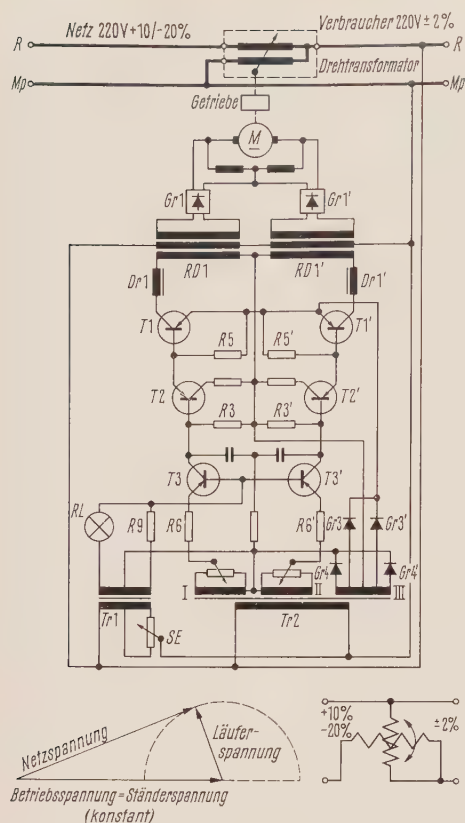


Bild 14
Grund-
schaltung
des Netz-
spannungs-
Regelgerätes

niederohmige Netz in der Regel Einschaltstromspitzen. Fällt der Einschaltvorgang mit einem Nulldurchgang der Spannung zusammen, dann können diese Spitzen den 50fachen Nennstrom des Transformators erreichen. Um den Einschaltstrom auf den zugelassenen Wert $25 I_{\text{nenn}}$ zu begrenzen, liegen in der Verbraucherleitung Begrenzungswiderstände. Diese werden beim Zurückschalten auf Netzbetrieb für etwa 60 ms in den Verbraucherkreis geschaltet, bei Normalbetrieb aber durch einen Ruhekontakt überbrückt.

Die Regeleinrichtungen je Leiter R, S, T zur Regelung der Netzspannung bestehen aus einem Induktionsregler (Drehtransformator), einem Gleichstrommotor, der über ein Untersetzungsgetriebe den Induktionsregler verstellt, und einem Transistorverstärker, der den Antriebsstrom für den Motor liefert (Bilder 14 und 15).

Der Induktionsregler ist ein als Spartransformator geschalteter stillstehender Asynchronmotor. Die Ständerwicklung liegt mit der Läuferwicklung in Reihe an der Netzspannung 220 V +10 bis -20%. An der Läuferwicklung liegen etwa 20% der Netzspannung; diese Spannung ist durch entsprechende Läuferstellung in ihrer Phase um 180° verstellbar und ermöglicht damit die Konstanzhaltung der Betriebsspannung (Ständerspannung) auf $\pm 2\%$.

Unterbrechungsfreie Wechselstromversorgung

Für Weitverkehrseinrichtungen mit Netzanschluß, für Fernspeise-Einrichtungen (sofern sie mit Wechselstrom arbeiten) und Richtfunkstellen wird eine unterbrechungsfreie Wechselstromversorgung verlangt.

Bild 12 zeigt auch das Erregergerät. Der Generator erhält seine Erregerleistung aus der Wicklung b des Transformators über den Gleichrichter Gr . Zum Erregerstrom liefert die Wicklung c über die Drossel Dr einen konstanten, die Wicklung a – vom Generatorstrom durchflossen – einen nach Betrag und Phase von der Last abhängigen Anteil.

Da bei Notbetrieb die Batteriespannung langsam von 214 V auf 173 V sinkt, fällt auch die Drehzahl des unregelmäßigen Gleichstrom-Nebenschlußmotors ab und damit die Ausgangsspannung des Generators. Die Abweichung ist mit $\pm 3\%$ etwas größer als die bei geregelter Heizstromversorgung aus dem Netz; für den Notbetrieb wird dies zugelassen.

Die Heizspannung 220 V wird bis zu den Weitverkehrsgeräten geführt und dort erst in Netzgeräten auf den benötigten Wert herabtransformiert. Transformatoren mit hoher Betriebsinduktion verursachen beim Zurückschalten von Umformerbetrieb auf das



Bild 15 Netzspannungs-Regelgeräte (links) und Gleichstrom-Drehstrom-Umformer (rechts) für die Röhrenheizung

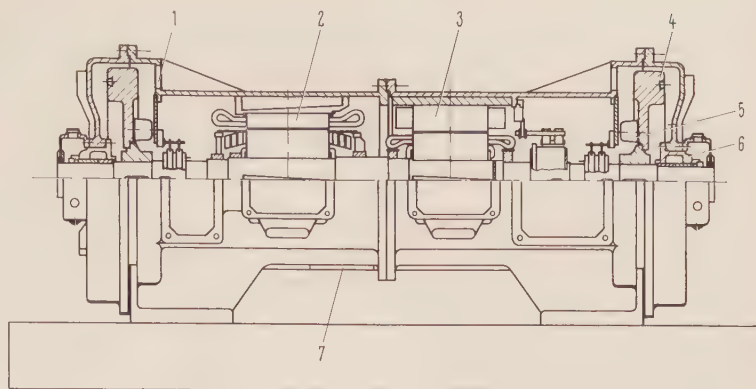
Starkstromnetze gelten im allgemeinen als unterbrechungsfrei, wenn sie nicht länger als 500 ms ausfallen. Aber auch solche kleinen Unterbrechungszeiten können bei den genannten Einrichtungen nicht zugelassen werden, denn diese verfügen nicht über genügend große Energiespeicher. Deshalb muß ein Umformer eingesetzt werden, der die Verbraucher unabhängig vom jeweiligen Zustand des öffentlichen Netzes ohne Unterbrechung speist.

Anfangs wurde der Wechselstrom-Generator mit einem Drehstrom-Asynchronmotor üblicher Bauart gekuppelt und zwischen beiden ein Schwungrad mit eigener Lagerung angeordnet. Der Asynchronmotor mit Käfigläufer – aus dem Netz betrieben – benötigte keine Drehzahlregelung und hatte keine Bürsten; jedoch mußte eine empfindliche Rückleistungsüberwachung, die bei Netzausfall den Motor schnell abschaltet, dafür sorgen, daß die im Schwungrad gespeicherte Energie nicht ins parallelliegende Netz fließt. Bei Netzausfall mußte der Antrieb von einem zweiten Motor übernommen werden, der zur Verringerung der Verluste erst bei Bedarf über eine elektromagnetische Kupplung angeschlossen wurde. Das Schwungrad sorgte auch für einen schnellen Anlauf dieses Zusatzmotors (Gleichstrom-Nebenschlußmotor an Anodenbatterie oder Dieselmotor). Die Anlaufzeit liegt bei Gleichstrommotoren zwischen 0,5 und 2 s, bei Dieselmotoren zwischen 2 und 10 s. Das Schwungrad darf in dieser Zeit in seiner Drehzahl nur begrenzt abfallen, muß also entsprechend groß bemessen sein.

Die weitere Entwicklung führte zum Dauerlauf-Umformer mit nur zwei Lagerstellen (Bild 16). Auf der Welle sind – von links nach rechts – der Wechselstrom-Generator, der Gleichstrommotor und an beiden Enden je ein kleines Schwungrad angeordnet.

Der Gleichstrom-Nebenschlußmotor ist für die Nennleistung der Anlage bemessen und kann den Umformer samt Schwungrad ohne Übererwärmung in Betrieb setzen. Die Drehzahl wird über seine Erregung gesteuert. Je nach den Anforderungen an die Genauigkeit der Frequenz- und Spannungskonstanz wird als Meßgröße für die Regeleinrichtung die Generatorfrequenz, also etwa 50 Hz, oder die 15fache Frequenz eines Tachodynamos benutzt.

Beim Wechselstrom-Generator befindet sich die Drehstromwicklung im Ständer; der Läufer – ein Trommelläufer – trägt neben der Erregerwicklung eine kräftige Dämpferwicklung; der Luftspalt ist verhältnismäßig groß. Alle Enden der Drehstromwicklung sind an



1 Kühlluftaustritt 3 Gleichstrommotor 5 Lüfter 7 Kühlluft Eintritt
2 Wechselstrom-Generator 4 Schwungrad 6 Gleitlager

Bild 16 Längsschnitt durch den Dauerlauf-Gleichstrom-Wechselstrom-Umformer

Klemmen geführt. Der Generator kann dreiphasig oder einphasig belastet werden. Bei einphasiger Belastung wird eine Dreiecksspannung benutzt. Diese Belastungsart ergibt einen kleinen Klirrfaktor (1,5%) bei stromunabhängigen Belastungswiderständen. Aber auch bei nichtlinearer Last, wie sie die Netzanschlußgeräte der Weitverkehrsanlagen darstellen, bleibt der Klirrfaktor in erträglichen Grenzen (6% bei 25% Gleichrichterlast mit Kondensatorsiebung). Dies ist von besonderem Vorteil für das Einstellen der in den Verstärkereinrichtungen benötigten Gleich- und Wechselspannungen, da die Einstell- und Regelbereiche im allgemeinen für Sinusspannung bemessen sind. Außer dem Vorzug eines kleinen Klirrfaktors zeigt dieser Generator gute Eigenschaften bei Überlastung; im Kurzschlußfall kann er bei einer Spannung um 80% des Nennwertes vierfachen Nennstrom liefern. Dies erleichtert die Absicherung sehr.

Als Energiequelle für den Motor kann entweder das öffentliche Netz (über Gleichrichter) oder die Anoden-Ambatterie benutzt werden (Bild 17). Im Normalbetrieb wird die Netzspannung mit einem Spartransformator auf einen der Anodenspannung entsprechenden Wert gebracht und von einem unregelmäßigem Drehstrom-Gleichrichter mit Siliziumelementen gleichgerichtet. Da die Silizium-Gleichrichter einen hervorragenden Wirkungsgrad (99%) haben, wird der Gesamtwirkungsgrad nur um 2 bis 3% vermindert. Er ist ebenso gut wie der bisheriger Anlagen mit Asynchronmotor. Aufgrund der Überbemessung bedürfen die Silizium-Gleichrichter keiner besonderen Absicherung; sie übernehmen auch die beim Anlauf oder bei Netzspannungssprüngen auftretenden Stromspitzen.

Ein Relais überwacht die Netzspannung; bei Spannungsausfall oder starker Spannungsabsenkung wird der Motor an die Anodenbatterie geschaltet. Ein für diesen Zweck

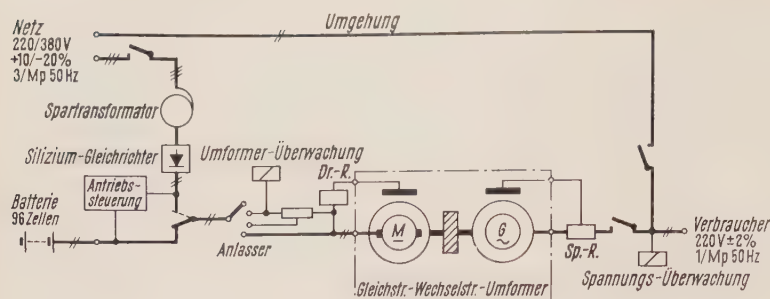


Bild 17 Grundschialtung der unterbrechungsfreien Wechselstromversorgung

konstruiertes Umschalterschütz zeigt eine höhere Betriebssicherheit als zwei gegenseitig verriegelte Einzelschütze, da auch bei Unterbrechung der Schützspule eine der beiden Spannungsquellen angeschlossen bleibt. Die Schützkontakte müssen mit einer Spannungslücke schalten, damit kein Lichtbogenkurzschluß zwischen den beiden Gleichspannungsquellen entsteht. Die kurze Schaltzeit – sie ist kürzer als 100 ms – läßt gegenüber früheren Anlagen mit anlaufendem Zweitmotor eine wesentliche Verminderung der Schwungmasse zu; dies bedeutet, daß sie konstruktiv günstig einfügbar ist und kürzere Regelzeiten für Spannung und Frequenz ergibt.

Eine Kompoundierungsschaltung – verbessert durch einen Regelzusatz – dient zur Spannungsregelung bei Laständerungen. Die Spannungsabweichungen sind nur gering und werden schnell ausgeglichen. Bei einem Lastsprung von Halblast auf Vollast ist die Spannungsabweichung nach 0,5 s bereits kleiner als 1%.

Zur Überbrückung von Umschaltlücken ist die Rotationsenergie des Läufers durch die beiden Schwungräder so vergrößert, daß die Frequenzabweichung beim Wechsel der Antriebsquelle und bei Vollast kleiner als 1 Hz bleibt, wenn die Antriebsspannung 100 ms lang ausfällt. Die große Frequenzkonstanz wirkt sich besonders günstig auf die Spannungs Konstanz beim Wechsel der Antriebsquelle aus. Die größte Abweichung liegt bei Vollast unter 0,5%; nach 0,5 s unter 2‰; nach 4 bis 5 s ist der Ausgleichsvorgang beendet.

Stromversorgung für Transistorgeräte

In zunehmendem Maße werden Transistorverstärker verwendet. Sie benötigen als Betriebsspannung eine Gleichspannung bis zu 24 V; aus dieser werden in den Stromversorgungsgeräten der Gestelle die außerdem notwendigen Hilfs- und Signalspannungen abgeleitet.

Mindestens während einer Übergangszeit dürften in den Verstärkerämtern sowohl Röhren- als auch Transistorgeräte üblich sein. Es werden also auch weiterhin die

bisherigen Amtsspannungen benötigt. Zweckmäßigerweise wird daher die Betriebsspannung für Transistorgeräte aus einer der Amtsspannungen gewonnen. Dabei ist zu berücksichtigen, daß die gewählte Technik auch für solche Ämter günstig sein muß, die in Zukunft nur mit Transistorgeräten arbeiten.

Mit drei verschiedenen Geräten ist es möglich, wahlweise eine der vorhandenen Amtsspannungen zu verwenden:

1. Zum Anschluß an die Wähleramtsbatterie 60-V wurde ein Gerät entwickelt, das die Spannungsschwankungen der Batterie (51 bis 72 V) mit einer elektronischen Regeleinrichtung (Zweipunktregler) trägeheitslos ausregelt. Die Ausgangsspannung beträgt $24\text{ V} \pm 2\%$, der Wirkungsgrad etwa 80%.
2. Zum Anschluß an die 214-V-Anodenbatterie gibt es einen Gleichrichter, der die Batteriespannung über Silizium-Leistungstristoren auf $24\text{ V} \pm 2\%$ umsetzt (Wechselrichtung und Wiedergleichrichtung). Der Wirkungsgrad dieses Gerätes ist größer als 90%.
3. Zum Anschluß an eine unterbrechungsfreie Wechselstromversorgung läßt sich ein ungeregeltes Gleichrichtergerät verwenden.

Für Ämter, die ausschließlich mit Transistorgeräten arbeiten, lassen sich folgende Überlegungen anstellen. Sie beziehen sich auf ein Amt mit 10000 TF-Sprechkreisen, d. h. auf ein Amt, das etwa 30 kW Leistung aufnimmt. Die einzelnen Schaltungen sind so geplant, daß sie größte Betriebssicherheit bieten.

1. Es liegt der Gedanke sehr nahe, die Betriebsspannung für Transistorgeräte einer 24-V-Batterie zu entnehmen. Jahrzehntelange Erfahrungen haben gezeigt, daß die Speisung aus einer Batterie die sicherste Stromversorgung ist. Für größere Ämter führt diese Technik jedoch zu sehr großen Leiterquerschnitten in der Amtsverkabelung.
2. Verwendet man die 60-V-Amts-batterie, dann ergeben sich immer noch große Leiterquerschnitte. Außerdem müssen in jedem Verstärker-Gestell die obengenannten Zweipunktregler eingesetzt werden.
3. Um zu kleinen Betriebsströmen und damit zu einer weniger aufwendigen Amtsverkabelung zu kommen, bietet sich die bewährte Anodenstromversorgung mit Anodenbatterie an. Da hier eine geregelte Spannung geliefert wird, können unregelmäßige, also einfach aufgebaute Gleichrichter verwendet werden, was für ihre Unterbringung in den Verstärker-Gestellen sehr zweckmäßig wäre.
4. Es liegt auch sehr nahe, die Technik der Stromversorgung mit unterbrechungsfreiem Wechsel-

stromnetz und Dauerlauf-Umformern anzuwenden. Zum Umsetzen der Wechselspannung in die 24-V-Betriebsgleichspannung dienen hierbei unregelte Netzanschlußgeräte in jedem Verstärker-Gestell.

Zum Vergleich ist in Bild 18 (als Fall 4b) auch die Technik unterbrechungsfreies Wechselstromnetz mit Anreißdiesel aufgeführt.

Bild 18 zeigt die Anschaffungs- und Betriebskosten (jährliche Kosten für Kilowattstunden, Wartung, Abschreibung und Zinsen) für die unter 1. bis 4. aufgeführten Stromversorgungseinrichtungen mit einer Leistungsaufnahme von 30 kW. Berücksichtigt sind in allen Fällen die Amtsstromversorgung einschließlich Batterie, die Verkabelung vom Stromversorgungsraum bis zu den Verstärker-Gestellen und die Umrichter.

Berücksichtigt man auch die unbedingt erforderliche hohe Betriebssicherheit, dann kommt man zu folgendem Schluß:

Bei einer Amtslast bis zu etwa 5 kW können die Verbraucherleitungen noch als Kabelleitungen verlegt werden. Man wird die Versorgung aus einer 24-V-Batterie wählen, da sie am sichersten und wirtschaftlichsten ist.

In Ämtern mit 60-V-Stromversorgung (für Einrichtungen der Vermittlungstechnik) wird man bei kleinen Leistungen die 60-V-Batterietechnik trotz höherer Anschaffungs- und Betriebskosten wählen.

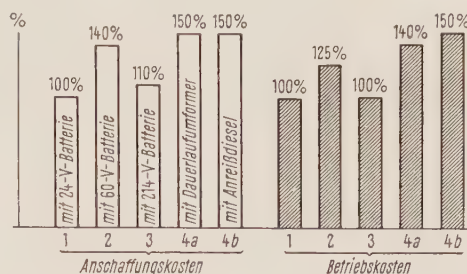


Bild 18 Kostenvergleich der Stromversorgungen für Transistorgeräte

Bei Leistungen über 5 kW ist ein Gleichstromnetz höherer Spannung empfehlenswert, damit man bei der Amtsverkabelung mit kleineren Leiterquerschnitten auskommt. Da die Amtsspannung in jedem einzelnen Verstärkergestell in die Betriebsspannung umgesetzt wird und diese Umsetzer sehr einfach aufgebaut sind, ist auch hierbei die Betriebssicherheit groß.

Telegrafie-Empfangstastgerät FSE 30 für Kurzwellen-Funkverbindungen

VON ERNST FUCHS

Kurzwellen-Funkverbindungen haben für die kommerzielle Nachrichtenübermittlung besondere Bedeutung erlangt, und zwar sowohl im Überseeverkehr als auch zum Überbrücken geringerer Entfernungen und im Einsatz auf Fahrzeugen. Bei ortsfesten Funkdiensten – wie sie z. B. von der Deutschen Bundespost im Telegrammverkehr nach Übersee betrieben werden – ist die Sicherheit der Verbindung von ausschlaggebender Bedeutung. Sie soll auch unter ungünstigen atmosphärischen Bedingungen für die Wellenausbreitung gewährleistet sein. Um dieses Ziel zu erreichen, müssen im allgemeinen ausgedehnte Antennenanlagen und Großstations-Sende- und -Empfangseinrichtungen eingesetzt werden. Andererseits muß der Aufwand an Antennen und Geräten auf Fahrzeugen und auf kleinen, z. B. von privaten Gesellschaften betriebenen Funkstellen in engen Grenzen bleiben. In der jüngsten Zeit konnte die Leistung der kleinen beweglichen Geräte wesentlich gesteigert werden, so daß sie auch höheren

Anforderungen genügen. Beispiele hierfür sind der von Siemens & Halske gebaute Kurzwellen-Funkempfänger Rel 445 E 311¹⁾ (er arbeitet mit Quarzraster) und das dazu passende Telegrafie-Empfangstastgerät FSE 30 (Bild 1).

Das Tastgerät setzt die vom Kurzwellen-Funkempfänger kommenden telegrafischen Nachrichten in solche Telegrafiezeichen um, die je nach der Art der Nachrichten unmittelbar einem Fernschreiber oder einem Faksimileschreiber (z. B. für Aufzeichnung von Wetterkarten) zugeführt werden können. Es ist für die Betriebsarten F1 und F4 (Faksimile) eingerichtet; es läßt sich für die Betriebsart F6 ausbauen. Die Anschlußmöglichkeiten, die grundsätzliche Wirkungsweise sowie die Übertragungseigenschaften werden im folgenden geschildert.

1) Pilz, G.: Ein frequenzgenauer Kurzwellenempfänger für ortsfeste und bewegbare Funkstationen. Siemens-Zeitschrift 34 (1960) 191 und 192

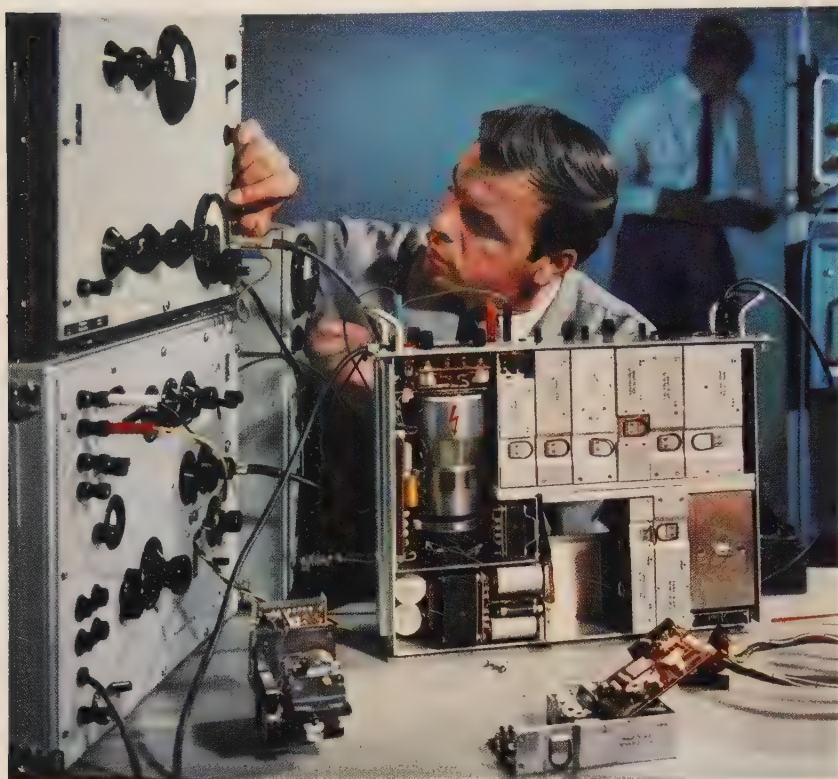


Bild 1 Prüfung eines Telegrafie-Empfangstastgerätes FSE 30. Im Vordergrund sieht man eine Baugruppe Frequenznachstimmung und eine Diskriminator-Baugruppe

Anschlußmöglichkeiten

Auf Kurzwellen-Funkverbindungen hat sich die Frequenzmodulation des Trägers (FM) zur Übertragung telegrafischer Nachrichten wegen der geringen Störanfälligkeit allgemein durchgesetzt²⁾. Viele Funkdienste arbeiten mit nur einem Telegrafiekanal, wobei die eine von zwei möglichen Sendefrequenzen der Trennlage und die andere der Zeichenlage zugeordnet ist (F1). Sollen zwei voneinander unabhängige Nachrichten gleichzeitig übertragen werden, so geschieht dies nach dem Duoplex-Verfahren (F6).

Das Telegrafie-Empfangstastgerät FSE 30 ermöglicht die Demodulation aller Arten von FM-Telegrafiesendungen. Der Frequenzhub des Senders darf zwischen ± 70 und ± 600 Hz liegen, wogegen die Schrittgeschwindigkeit von der Art der Nachricht abhängt, z.B.:

Fernschreiber (5er-Kode)	45,45 Baud
	50 Baud (CCITT')
	75 Baud
Zeitmultiplex (7er-Kode)	96 Baud und 192 Baud
	bzw. $85 \frac{5}{7}$ Baud und
	$171 \frac{3}{7}$ Baud
Hellschreiber	etwa 300 Baud
Faksimileschreiber	bis etwa 3000 Baud

Im allgemeinen schließt man das Gerät an den Zwischenfrequenz Ausgang eines Funkempfängers an. Die Eingangsfrequenz beträgt 30 kHz; sie entspricht damit der

Zwischenfrequenz (ZF) des Funkempfängers Rel 445 E 311; der Eingangswiderstand ist 600 Ω . Soll ein Funkempfänger mit einer anderen Zwischenfrequenz (60 kHz bis 1,4 MHz) angeschlossen werden, so wird hierfür zusätzlich ein Zwischenfrequenzumsetzer eingebaut, der die angebotene Zwischenfrequenz in die 30-kHz-Lage umsetzt. Der Eingangswiderstand des Zwischenfrequenzumsetzers beträgt 60 Ω ; er ist damit dem Innenwiderstand des Zwischenfrequenz Ausgangs handelsüblicher Kurzwellenempfänger angepaßt.

Eine Sonderausführung des Gerätes hat einen Tonfrequenzeingang. In dieser Betriebsart wird die frequenzmodulierte Zwischenfrequenz im Funkempfänger mit Hilfe des A1-Überlagerers in die Tonfrequenzlage umgesetzt und dann dem Telegrafie-Empfangstastgerät FSE 30 zugeführt. Wegen der geringen Frequenzkonstanz des A1-Überlagerers muß jedoch der Empfang durch das Betriebspersonal ständig überwacht werden.

An den Ausgängen ist die Nachricht in verschiedenen Formen verfügbar, und zwar

- als Einfachstrom (40 mA bis 60 mA, 120 V) für den unmittelbaren Anschluß von Fernschreibmaschinen;
- als Doppelstrom (± 20 mA bis ± 30 mA; ± 60 V) für den Anschluß von Doppelstrom-Fernschreib-

2) Voss, H. H.: Fernschreibübertragung auf Funkverbindungen. Siemens-Zeitschrift 34 (1960) 463 bis 469

maschinen sowie zur Weitervermittlung der Nachricht in Telegrafie-Vermittlungszentralen. Außerdem ermöglicht es diese Betriebsart, geringe Entfernungen mit Leitungen zu überbrücken, wie sie z.B. zwischen Funkstelle und Fernschreibzentrale vorkommen;

als amplitudengetastete Tonfrequenzspannung (1 kHz; 1,9 kHz; 5 kHz) mit einem Pegel von 0 Np (775 mV) am 600-Ω-Ausgang zum Anschluß von Hellschreibern und Faksimileschreibern sowie auch zum Weiterleiten von Fernschreibsendungen über Kabel, besonders über größere Entfernungen.

Ausführungen des Gerätes

Das Gerät läßt sich aufgrund seiner Konstruktion dem jeweiligen Anwendungsfall entsprechend ausrüsten. In der Grundausrüstung ist es für die Betriebsarten F1 und F4 (Faksimile) eingerichtet; dazu gehören folgende Baugruppen (s. Bild 2): Frequenzumsetzer, bei Bedarf auch Zwischenfrequenzumsetzer; 5-kHz-Bandpaß; Diskriminator; Tiefpaß und Kippschaltung; Doppelstrom-/Einfachstrom-Tastgerät oder Tontastgerät; Schaltfeld; Netzgerät.

Falls größerer Bedienungskomfort gewünscht wird, kann diese Grundausrüstung ergänzt werden durch eine Einrichtung zur automatischen Frequenznachstimmung und durch einen Kontroll-Oszillographen; darüber hinaus läßt sich das Gerät für Diversity-Betrieb einrichten. Mit der erweiterten Ausführung (FSE 30 F1/F6) ist es außerdem möglich, Duoplex-Sendungen (Funk-Betriebsart F6) zu empfangen.

Wirkungsweise bei den Betriebsarten F1 und Faksimile

Anhand der Blockschaltung (Bild 2) soll geschildert werden, wie das Signal bei den Betriebsarten F1 und

Faksimile im Gerät ausgewertet wird. Im Anschluß an diesen Abschnitt folgt eine kurze Erklärung der Vorgänge in der automatischen Frequenznachstimmung-Einrichtung und des hier angewandten Verfahrens für Funkbetrieb mit Raum-Diversity-Empfang.

Frequenzumsetzer

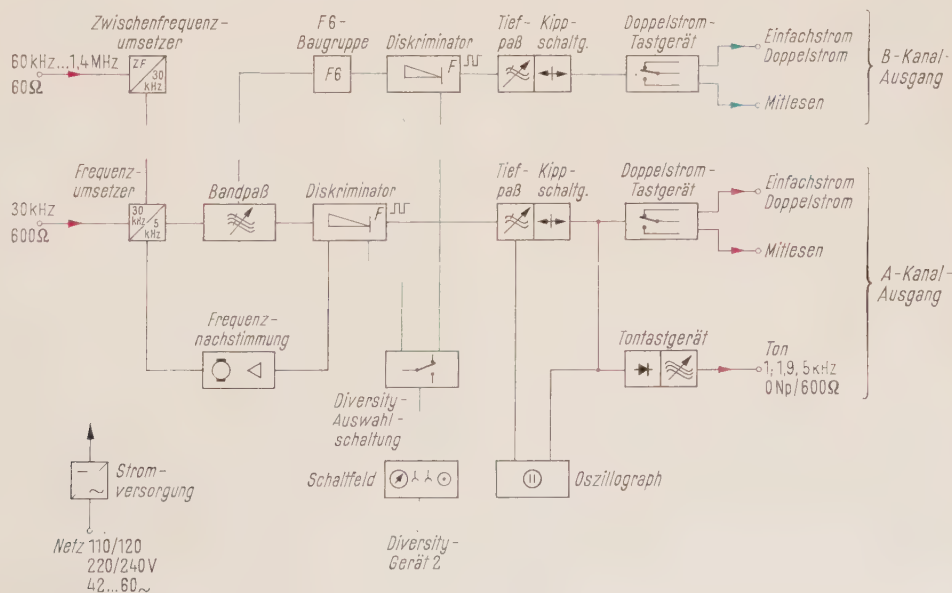
Vom 30-kHz-Ausgang des Funkempfängers gelangt die Signalspannung zunächst zum Frequenzumsetzer. Dort wird sie mit Hilfe eines 25-kHz-Quarzoszillators in die Frequenzlage 5 kHz umgesetzt; damit läßt sich eine besonders gute Konstanz des nachgeschalteten Diskriminators erreichen. Falls die Frequenzkonstanz des Funksenders und -empfängers nicht ausreicht, kann man den Oszillator auf LC-Betrieb umschalten. Bei dieser Betriebsart lassen sich Frequenzabweichungen der Übertragungsstrecke bis ± 600 Hz selbsttätig ausgleichen, falls das Gerät mit einer automatischen Frequenznachstimmung ausgerüstet ist.

Zwischenfrequenzumsetzer

Zum Anschluß an Funkempfänger mit höherer Zwischenfrequenz (60 kHz bis 1,4 MHz) dient der Zwischenfrequenzumsetzer, der dem Frequenzumsetzer vorgeschaltet ist. Er verlagert die angebotene Zwischenfrequenz mit Hilfe eines Ringmodulators und eines Quarzoszillators in die 30-kHz-Ebene und verstärkt die Spannung um etwa 2,5 Np. Ein Bandfilter mit einer Mittenfrequenz von 30 kHz verbürgt zusammen mit der Selektivität des Funkempfängers eine Spiegelfrequenzsicherheit von mindestens 80 dB. Frequenzumsetzer und automatische Frequenz-Nachstimmereinrichtung bleiben unverändert, so daß auch der Frequenz-Nachstellbereich von ± 600 Hz erhalten bleibt.

- Betriebsarten F1 und F4
- Betriebsart F6
- Raum-Diversity-Empfang

Bild 2 Blockschaltung



5-kHz-Bandpaß

Die Nahselektion übernimmt ein Bandpaß in der 5-kHz-Ebene, dessen Bandbreite in fünf Stufen umschaltbar ist. Auf diese Weise kann die Breite des übertragenen Bandes dem Frequenzhub und der Telegrafiergeschwindigkeit gut angepaßt werden. In Bild 3 sind Aufbau und Dämpfungsverlauf des Filters wiedergegeben.

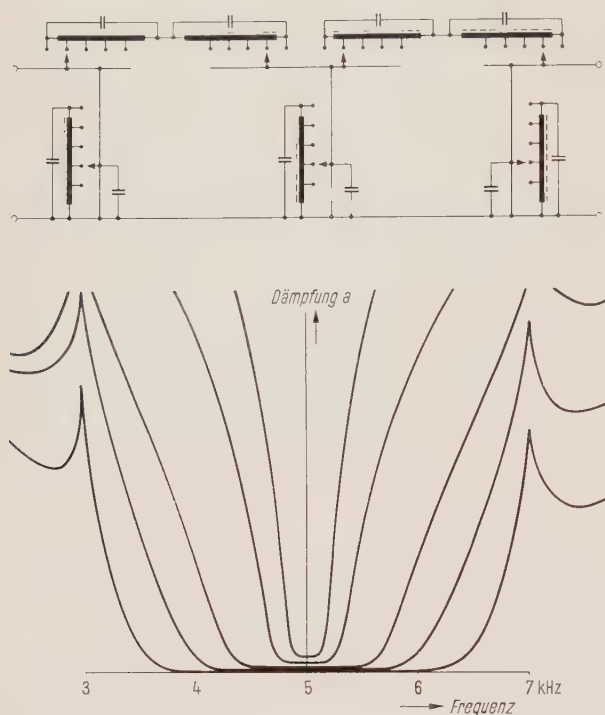


Bild 3 Aufbau und Dämpfungsverlauf des umschaltbaren 5-kHz-Bandpasses

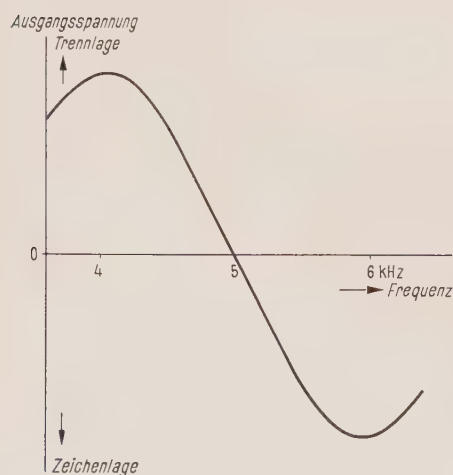


Bild 4 Gleichspannung am Ausgang des Diskriminators als Funktion der Frequenz

Diskriminator

Auf den Bandpaß folgen der Begrenzer-Verstärker und der Diskriminator. Der Verstärker besteht aus Transistorstufen, die entsprechend der Größe der Empfangsspannung übersteuert werden. Die letzte Verstärkerstufe ist in Gegentaktschaltung ausgeführt und gibt eine Spannung konstanter Amplitude ab. Zwei nachgeschaltete Parallel-Resonanzkreise wandeln die Änderungen der Frequenz in Amplitudenänderungen um. Richtet man die an den beiden Schwingkreisen entstehenden Wechselspannungen gleich und zieht die Gleichspannungen voneinander ab, so entstehen Doppelstromzeichen, die nach weiterer Aufbereitung z.B. einer Fernschreibmaschine zugeführt werden können. In Bild 4 ist die Ausgangsgleichspannung des Diskriminators über der Frequenz aufgetragen. Die zwei Schwingkreise sind aus luftdicht verlöteten STYROFLEX-Kondensatoren und SIFERRIT*-Schalenkernspulen aufgebaut. Damit ist der Einfluß von Feuchtigkeit praktisch ausgeschaltet; außerdem konnten dadurch die Bauteile so gewählt werden, daß sich die Temperaturbeiwerte der Spulen und Kondensatoren im Mittel aufheben. Der infolge von Bauteilstreuungen verbleibende Temperaturkoeffizient beträgt maximal $80 \cdot 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$. Dies ergibt für 5 kHz Mittenfrequenz höchstens $0,2 \text{ Hz}/^{\circ}\text{C}$ Frequenzabweichung, ein Wert, der bezogen auf $\pm 100 \text{ Hz}$ Hub auch bei erheblichen Temperaturunterschieden keine Rolle spielt.

Tiefpaß und Kippschaltung

Bei F1-Sendungen werden verschiedene Frequenzhübe angewendet; der CCIR empfiehlt z.B. die Werte $\pm 100 \text{ Hz}$ und $\pm 200 \text{ Hz}$. Daneben ist auch der Hub $\pm 400 \text{ Hz}$ für Fernschreibübertragung auf Kurzwellen gebräuchlich. Da die Breite der Zwischenfrequenzfilter, dem Hub entsprechend, verhältnismäßig groß sein muß, ist nach der Demodulation ein Tiefpaß zum Unterdrücken von Funkstörungen vorgesehen. Dieser kann für Nachrichten mit einer Telegrafiergeschwindigkeit von 50 Baud, $< 300 \text{ Baud}$ oder $> 300 \text{ Baud}$ umgeschaltet werden. An den Tiefpaß schließt sich eine bistabile Kippschaltung an, die die abgeflachten Telegrafieschritte in exakte Rechteckform bringt.

Doppelstrom-/Einfachstrom-Tastgerät

Das Doppelstrom-/Einfachstrom-Tastgerät gibt die Nachricht in Form von Doppelstrom oder Einfachstrom ab und ersetzt so das früher übliche Telegrafienrelais. Zwei Transistoren bilden den »Umschalt-Kontakt«. Die Spannung der Telegrafienbatterie beträgt $\pm 60 \text{ V}$, der Ortsstrom $\pm 20 \text{ mA}$ bis $\pm 30 \text{ mA}$ (Doppelstrom) oder 40 mA bis 60 mA (Einfachstrom). Ein Festwiderstand im Ortskreis begrenzt den Kurzschlußstrom auf 60 mA oder 120 mA . Für den Betrieb einer Mitlesemaschine ist

* Eingetragenes Warenzeichen

ein zweiter Ausgang vorgesehen, der ebenfalls auf Einfachstrom oder Doppelstrom umgeschaltet werden kann.

Tontastgerät

In bestimmten Fällen wird die Nachricht als amplitudengetastetes Tonfrequenzsignal benötigt, z.B. zum Anschluß von Faksimileschreibern und Mehrfach-Zeitmultiplex-Systemen oder auch zur Weiterleitung der Sendung über Kabel. Deshalb ist das Gerät mit einem Tontastgerät ausgerüstet, das die Doppelstromzeichen in solche Signale umsetzt. Die Trägerfrequenz ist umschaltbar auf 1 kHz, 1,9 kHz oder 5 kHz; der Ausgangspegel beträgt 0 Np bei einem Quellwiderstand von 600 Ω .

Kontroll-Oszillograph

Ein besonderes Problem beim Empfang von FM-Telegrafiesendern mit durchstimmbaren Funkempfängern ist das genaue Abstimmen des Empfängers. Wenn die Telegrafieverzerrung nicht zu groß werden soll, muß der Einstellfehler kleiner als 10% des Frequenzhubes sein; das ergibt z.B. ± 20 Hz für ± 200 Hz Hub. Aus diesem Grund ist ein Kontroll-Oszillograph vorgesehen, mit dessen Hilfe sich der Funkempfänger bequem abstimmen läßt.

Der Oszillograph läßt sich auf zwei Betriebsarten umschalten. In der Betriebsart »Abstimmen« wird den X-Platten der Elektronenstrahlröhre die Ausgangsspannung des Diskriminators und den Y-Platten eine 25-kHz-Wechselspannung zugeführt. So entstehen beim Empfang einer F1-Sendung zwei senkrechte Striche, deren horizontaler Abstand dem doppelten Frequenzhub entspricht und die bei richtiger Abstimmung des Funkempfängers symmetrisch zur Mitte des Bildschirms liegen.

In der zweiten Betriebsart »Nachricht« kann man die aufbereiteten Telegrafiezeichen betrachten. Diese Betriebsart des Kontroll-Oszillographen hat besondere Bedeutung für den Empfang von Faksimile-Sendern.

Schaltfeld

Die Anschlußbuchse für den ZF-Eingang, die Fernschreib-Anschlußdose sowie einige weitere Bedienungselemente und ein Gleichspannungs-Meßinstrument sind in dem Schaltfeld zusammengefaßt. Das in fünf Stellungen umschaltbare Meßinstrument zeigt die Betriebsspannung der Transistoren, den Eingangspegel und die Größe des Ortsstromes an. Zwei weitere Stellungen dienen zum Hubabgleich bei automatischer Frequenznachstimmung und zum Überwachen des Diversity-Betriebes.

Netzgerät

Eine Stromversorgungsbaugruppe stellt die Versorgungsspannungen bereit. Der Netztransformator kann primär auf 110/120/220/240 V umgeschaltet werden und ist für 42 bis 60 Hz Netzfrequenz bemessen. Die Leistungsaufnahme des voll bestückten Gerätes beträgt etwa 35 VA.

Automatische Frequenznachstimmung

Quarzrasterempfänger neuerer Bauart, z.B. der Siemens-Kurzwellen-Empfänger Rel 445 E 311, genügen in ihrer Frequenzkonstanz ohne weiteres den Anforderungen des Telegrafiebetriebes. Andere Funkempfänger weisen bei Änderung der Netzspannung und der Temperatur (Einbrennzeit) erhebliche Frequenzfehler auf, die entweder durch das Betriebspersonal von Hand oder besser automatisch korrigiert werden müssen. Wie man aus der Kennlinie des Diskriminators (s. Bild 4) sieht, gehören zu zwei vorgegebenen, symmetrisch zu 5 kHz liegenden Umtastfrequenzen ganz bestimmte Werte der vom Diskriminator abgegebenen Spannung. Weicht die Diskriminatorspannung vom Sollwert ab, so ist das die Folge von Frequenzverwerfungen auf der Funkstrecke. In der automatischen Frequenznachstimm-Einrichtung des Gerätes nutzt man diesen Effekt aus, um die Speisespannung für einen Stellmotor zu gewinnen. Dieser bewegt einen Drehkondensator und verändert damit die Frequenz des 25-kHz-Oszillators im Frequenzumsetzer um die Größe des Frequenzfehlers. Schaltet man die automatische Frequenznachstimmung aus, so bestimmt ein Quarz die Frequenz des 25-kHz-Oszillators, und der Stellmotor dreht den Drehkondensator selbsttätig in die Mittelstellung zurück.

Einrichtung für Raum-Diversity

In dem Bereich der Kurzwellen (etwa 3 MHz bis 30 MHz) gelingt es, große Entfernungen mit verhältnismäßig geringer Sendeleistung zu überbrücken, da diese Wellen von der Ionosphäre und der Erdoberfläche reflektiert werden. Als Folge verschiedenartiger Reflexionsbedingungen setzt sich das elektromagnetische Feld am Empfangsort aus Komponenten unterschiedlicher Amplitude und Phasen zusammen, und es tritt Interferenz auf, d. h. Verstärkung oder Abschwächung (Selektivschwund) des Feldes. Für kurze Dauer kann die Feldstärke an einer beliebigen Stelle des Raumes sogar völlig im Störpegel untergehen, wodurch falsche Telegrafiezeichen entstehen. Oft herrschen jedoch zur selben Zeit in einiger Entfernung bessere Empfangsverhältnisse. Empfängt man deshalb den gleichen Sender mit zwei räumlich getrennt angeordneten Antennen und zwei Telegrafie-Empfangeinrichtungen (Diversity-Empfang), so liefert fast immer mindestens eine der beiden Anlagen das ungestörte Signal.

Eine solche Diversity-Empfangeinrichtung besteht aus zwei Funkempfängern und zwei miteinander gekoppelten Telegrafie-Empfangstastgeräten. Die beiden Tastgeräte sind erstens mit einer gemeinsamen Ausgangsschaltung verbunden. Auf diese Weise addieren sich die von den beiden Geräten gelieferten Nachrichten. Zweitens bewirkt die Diversity-Auswahlschaltung, daß der schwächere Empfangsweg gesperrt wird, sobald der

Pegelunterschied mehr als etwa 1 Np beträgt, bezogen auf den 30-kHz-Eingang des Gerätes.

Wirkungsweise bei der Betriebsart F6

Mit Hilfe des Duoplex-Verfahrens (Betriebsart F6) können zwei voneinander unabhängige Fernschreibsendungen zugleich übertragen werden. Dabei sind den vier möglichen Zuständen auf der Gleichstromseite vier Umtastfrequenzen in der Hochfrequenzebene zugeordnet, deren Abstände meistens 400 Hz betragen. Bild 5 zeigt ihre Zuordnung zum Trenn- oder Zeichenzustand (T oder Z) für die beiden mit A und B (auch V1 und V2) bezeichneten Fernschreibkanäle; f_0 bezeichnet die Mittenfrequenz des Funkkanals.

Um die Nachricht des A-Kanals zu gewinnen, ist die Ausführung FSE 30/F1 unmittelbar geeignet. Liegen die Frequenzen unter 5 kHz (Bild 5), so hat der A-Kanal Trennlage; liegen sie darüber, so hat er Zeichenlage. Für

wird die Duoplex-Sendung mit 400 Hz moduliert, entsprechend dem Abstand der vier Umtastfrequenzen. Hierdurch fallen paarweise die Frequenzen zusammen, die im B-Kanal die gleiche Bedeutung (Trenn- oder Zeichenlage) haben. Filtert man die Frequenzen 5 kHz \pm 200 Hz aus, so hat man wieder eine eindeutige Zuordnung für den B-Kanal. Liegt die Frequenz unter 5 kHz, so hat der B-Kanal Trennlage, liegt sie darüber, so hat er Zeichenlage. Anschließend wandelt ein Diskriminator die frequenzmodulierte Nachricht des B-Kanals in Doppelstromzeichen um. Bild 5 veranschaulicht in schematischer Darstellung dieses Verfahren, das die F6-Sendung in eine gewöhnliche F1-Sendung umformt mit dem Nachrichteninhalt des B-Kanals. Ebenso wie in der Betriebsart F1 ist es auch hier möglich, mit automatischer Frequenznachstimmung und mit Diversity-Empfang zu arbeiten. Die Ausgangsschaltungen können in beiden Kanälen wahlweise für Gleichstrom oder Tonfrequenz eingerichtet sein.

Übertragungseigenschaften

Die Übertragungsgüte einer Funk-Fernschreibverbindung wird einerseits bestimmt durch die Sendeleistung und die Ausbreitungsbedingungen für die elektromagnetischen Wellen sowie durch die Eigenschaften der Empfangsantenne und des Funkempfängers, die hier insgesamt als unveränderbare Gegebenheit angenommen werden sollen. Andererseits hängt die Güte der Telegrafieübertragung weitgehend von den Eigenschaften des Telegrafie-Empfangstastgerätes ab.

Zum möglichst störungsfreien Telegrafieempfang muß bei geringer Eigenverzerrung des Empfangstastgerätes dessen Bandbreite der jeweiligen Schrittgeschwindigkeit angepaßt sein. Deshalb enthält das Gerät das auf fünf verschiedene Bandbreiten umschaltbare 5-kHz-Filter sowie den in drei Stufen veränderbaren Tiefpaß nach der Demodulation. Durch zweckmäßige Einstellung beider Einheiten wird der Einfluß von Funkstörungen auf ein Minimum beschränkt.

In Bild 6 ist der Verlauf der Telegrafieverzerrung in Abhängigkeit von der Schrittgeschwindigkeit darge-

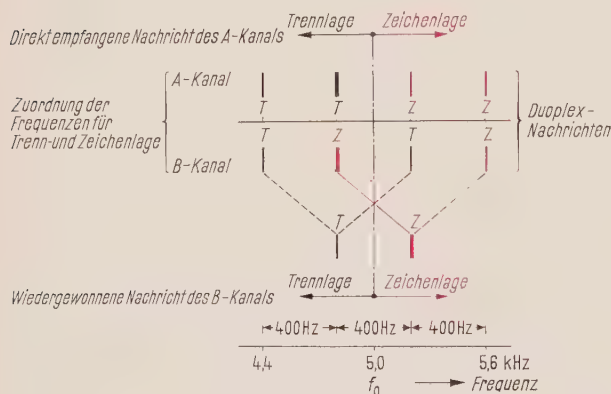


Bild 5 Betriebsart F 6 (Duoplex-Verfahren): Wiedergewinnung der Nachricht des B-Kanals durch Modulation mit 400 Hz und nachfolgende Siebung

den Empfang des B-Kanals oder beider Kanäle gleichzeitig benötigt man die erweiterte Ausführung FSE 30 F1/F6. Zur Abbereitung der Nachricht des B-Kanals

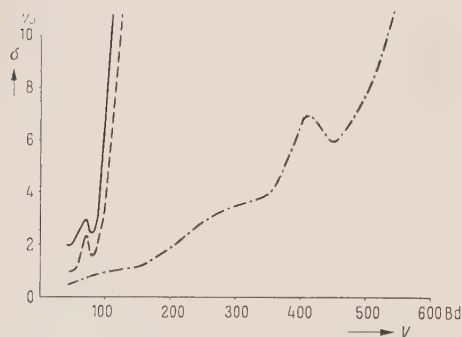


Bild 6 Betriebsart F 1: Telegrafieverzerrung als Funktion der Schrittgeschwindigkeit

	Betriebsart	Frequenzhub Hz	Bandpaß 5 kHz Bandbreite Hz	Tiefpaß	
				Grenzfrequenz Hz	Telegrafie- geschwindigkeit Baud
—	Fernschreiben	± 100	± 150	75	50
- - -	Fernschreiben	± 200	± 300	75	50
- · - · -	Vierfach- Zeitmultiplex	± 200	± 300	375	< 300

stellt, wie er sich aus der Einstellung des 5-kHz-Bandfilters und des Tiefpasses ergibt. Für Faksimileübertragung hat die Telegrafieverzerrung weniger Bedeutung. Hier ist die Grenze der Übertragungsgeschwindigkeit erreicht, wenn zwei Bildpunkte noch nicht zu einem einzigen verfälscht werden. Für das Gerät FSE 30 liegt dieser Wert, allgemein als Auflösungsvermögen bezeichnet, etwa bei 3300 Baud.

Für den Einfluß von weißem Rauschen auf die Telegrafieübertragung ist die Empfindlichkeitsschwelle ein Maß. Sie besagt, daß die Spitzen der Störspannung die Nutzamplitude der Gleichstromzeichen nach der Demodulation überschreiten, wodurch Schritte verkehrter Polarität entstehen können. Der Störabstand beträgt in diesem Fall etwa 1,1 Np, bezogen auf die Kanalbandbreite. Liegt der Unterschied zwischen Signal- und Störpegel um 0,4 Np über der Empfindlichkeitsschwelle, entsprechend 1,5 Np Störabstand, so werden von 1000 ausgesandten Fernschreibzeichen 10 mit mehr als 20% Verzerrung empfangen ($\nu = 50$ Baud; $h = \pm 100$ Hz). Zwischen F1- und F6-Betrieb besteht bei 50 Baud kein wesentlicher Unterschied bezüglich der Auswirkungen von Funkstörungen.

Durch Amplitudenbegrenzung der 5-kHz-Spannung erreicht man weitgehende Unabhängigkeit der Telegrafieverzerrung von der Zwischenfrequenzamplitude des Funkempfängers, so daß keine besondere Vorrichtung zum Einpegeln notwendig ist.

Schaltung und mechanischer Aufbau

Das Telegrafie-Empfangstastgerät FSE 30 (Bild 7) ist ganz in Transistorbauweise ausgeführt. In den Ausgangs-



Bild 7 Telegrafie-Empfangstastgerät

schaltungen für Gleichstrom und Ton nehmen ebenfalls Transistoren die Stelle des früher üblichen Telegrafienrelais ein. Da somit das Gerät keine Bauteile enthält, die einer Abnutzung unterliegen, erübrigt sich jede routinemäßige Wartung.

Elektrische Einheiten sind in steckbaren Baugruppen untergebracht, die von einem flachen Chassis getragen werden. Durch unterschiedliche Wahl der Bestückung kann man das Gerät besonderen Betriebsfällen anpassen.

Im Normalfall ist das Gerät in ein Leichtmetallgehäuse eingebaut und paßt in dieser Form als transportables Gerät zu dem Siemens-Funkempfänger Rel 445 E 311. Die Abmessungen des Gerätes sind außerdem so gewählt, daß es auch in die genormten Gestelle ortsfester Funkempfangsanlagen eingebaut werden kann.

Gasturbine für eine Nutzleistung von 22 MW

VON RUDOLF FRIEDRICH

Die Siemens-Schuckertwerke errichten gegenwärtig im Auftrag einer süddeutschen Großstadt ein Heizkraftwerk mit Gasturbine. Die Gasturbine (Bild 1) wird mit einer Nutzleistung von 22 MW die größte Maschine in einwelliger Bauart sein.

Der Aufbau dieser Anlage (Bild 2) ist einfach; ihre wesentlichen Kennzeichen sind:

Offener Kreislauf

Verdichtung der aus der Atmosphäre über ein Filter angesaugten Luft ohne Zwischenkühlung

Vorwärmung der verdichteten Luft durch die gespannten Abgase der Turbine in einem Luftvorwärmer

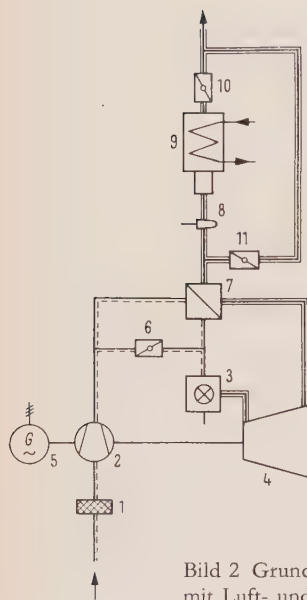
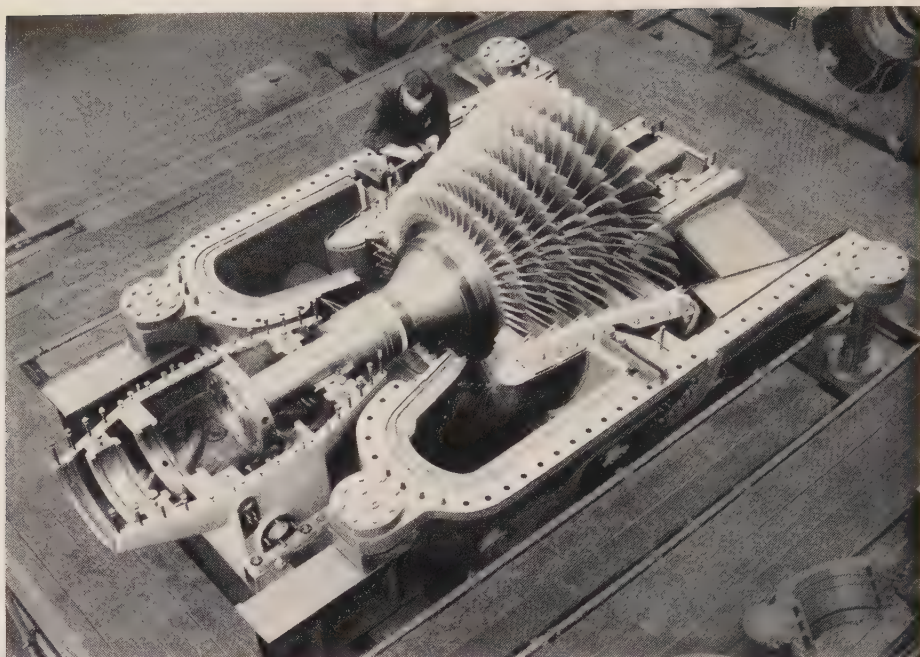
Erhitzung der verdichteten Luft in einer Einzelbrennkammer

Entspannung des Treibmittels in der Turbine

Austritt des Treibmittels durch Luftvorwärmer und Wasserwärmetauscher

Verdichter, Turbine und Generator bilden einen Wellenstrang; die Drehzahl beträgt 3000 U/min.

Bild 1 Turbine der 22-MW-Gasturbinenanlage zum Antrieb von Verdichter und Generator (Bruttoleistung 65 MW)



- | | |
|-----------------|------------------------------------|
| 1 Luftfilter | 7 Luftvorwärmer |
| 2 Verdichter | 8 Wassergekühlter Rauchgasschieber |
| 3 Brennkammer | 9 Wasserwärmetauscher |
| 4 Turbine | 10, 11 Absperriklappe |
| 5 Generator | |
| 6 Drosselklappe | |

Bild 2 Grundschialtung der einwilligen Gasturbine mit Luft- und Wasserwärmetauscher

Die Schaltung ermöglicht eine Anpassung an den externen Wärmebedarf der angeschlossenen Industriebetriebe und Wohnsiedlungen: Bei geringer Wärmeabnahme durchströmen die etwa 410 °C heißen Abgase der Turbine zuerst den Luftvorwärmer zwischen Verdichter und Brennkammer. Anschließend geben sie in einem Wasserwärmetauscher noch etwa $25 \cdot 10^6$ kcal/h an das Heizwasser ab. Steigt der externe Wärmebedarf, so wird der

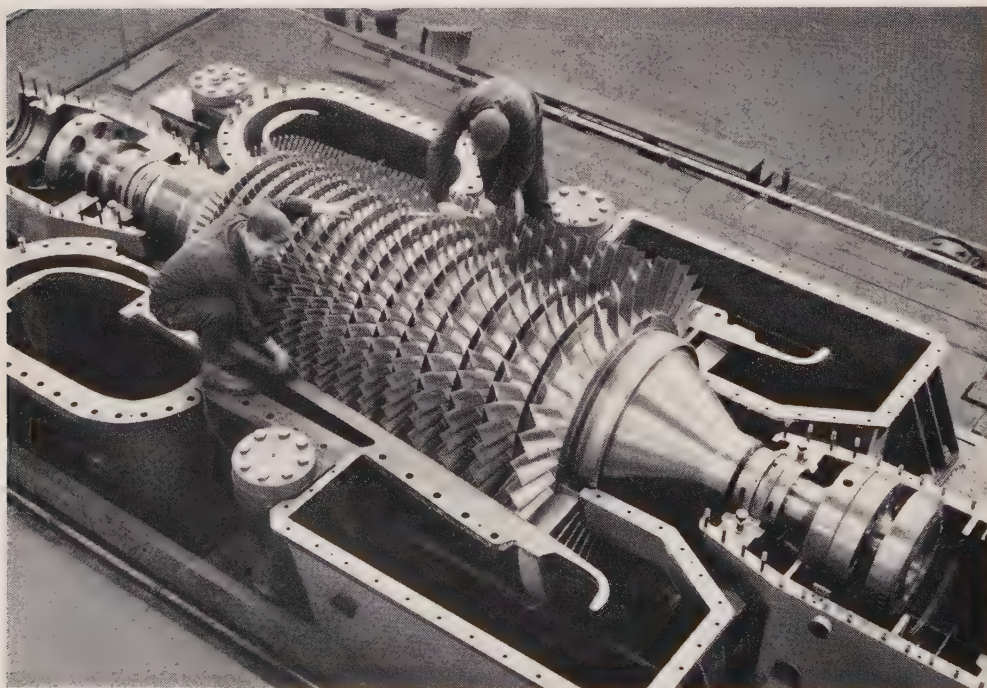


Bild 3 Axialverdichter der 22-MW-Gasturbinenanlage

Luftvorwärmer teilweise oder ganz umgangen; die Wärmeabgabe kann dadurch ohne Minderung der elektrischen Energieerzeugung bis auf $49 \cdot 10^6$ kcal/h, also von 1100 auf 2200 kcal Nutzwärme je erzeugte Kilowattstunde, erhöht werden. Bei größter Nutzwärmeabgabe, d. h. vollständiger Ausschaltung des Luftvorwärmers, sinkt naturgemäß der Wirkungsgrad der elektrischen Energieerzeugung allein, aber der gesamte Ausnutzungsgrad des Brennstoffes für Strom und Nutzwärme erreicht nahezu 80%. Etwa 660 t/h Luft durchströmen die Turbomaschinen. Der vielstufige Axialverdichter (Bild 3) benötigt zum Antrieb 43 MW; die Gasturbine muß des-

halb eine Leistung von insgesamt 65 MW bereitstellen. Da Erdgas als Brennstoff zur Verfügung steht und somit keine Schwierigkeiten durch Korrosion zu befürchten sind, wurde eine Turbineneintrittstemperatur von 720 °C gewählt. Falls einmal das Erdgas für den Betrieb nicht ausreicht oder ganz ausfällt, kann im Gemischbetrieb Gas und Öl oder auch ausschließlich Öl verbrannt werden.

Die Turbine verarbeitet in sechs Stufen ein Wärmegefälle von 83 kcal/kg. Der Läufer (s. Bild 1) hat einen größten Durchmesser von 2040 mm.

Durchhangregelung mit dem TELEPERM Z (Zeigerregler)

VON ADOLF BÖHNER

Beim Herstellen und Verarbeiten endloser Warenbahnen tritt häufig das Problem auf, den relativen Gleichlauf zweier aufeinanderfolgender Antriebsgruppen zu regeln. Um ein Reißen oder eine Faltenbildung der Ware – z. B. Papier, Textil oder Kunststoff – zu verhindern, sind an die Regelung höchste Ansprüche bezüglich Genauigkeit und Dynamik zu stellen. Ist dagegen die Ware Prozessen unterworfen, die eine wechselnde Längenänderung der Bahn bewirken, so wird vielfach zwischen den beiden Antriebsgruppen ein Durchhang angeordnet und die Größe des Durchhanges über die Drehzahl der abziehenden Antriebsgruppe geregelt. Da der Durchhang als Speicher wirkt und plötzliche Störungen aufnimmt, sind bei diesen Anlagen die Ansprüche an die Genauigkeit und an die Dynamik des Reglers geringer.

Der Durchhang wird mit einem mechanischen Geber – z. B. einer Tänzerwalze mit Potentiometer oder Induktivgeber – oder, wenn berührungslose Messung erforderlich ist, mit einem Fotogeber (Bild 1) abgegriffen.

Befriedigende Regelergebnisse sind aufgrund praktischer Erfahrungen nur mit einem kontinuierlich messenden Fotogeber zu erzielen; bei einer Regelung zwischen zwei Grenzwerten (z. B. Lichtschranken) würde der Durchhang zwischen diesen beiden Werten ständig pendeln, wobei beträchtliche Überschwüngen auftreten könnten. Der Lichtsender – eine Leuchtröhre – wird bei dem kontinuierlich messenden Gerät auf dessen großflächigem Fotowiderstand abgebildet (Bild 2). Der zwischen dem Lichtsender und dem Fotogeber befindliche Durchhang verändert den Lichtfluß auf den Fotogeber und damit dessen Widerstand R_F .

Mit dem kontinuierlich messenden Fotogeber läßt sich wie mit einem mechanischen Abgriff die Forderung der integralen Regelstrecke nach einem Proportional-(P-)Regler erfüllen. Das Verhältnis zwischen der Stellgröße (Drehzahl) und der Regelgröße (Durchhang) wird in einer Brückenschaltung (Bild 3) gebildet; für die Drehzahl wird z. B. die Bürstenstellung eines Drehstrom-Kommutatormotors mit Hilfe eines Potentiometerabgriffes rückgemeldet. Die Brückenschaltung ist so gebaut, daß trotz der nichtlinearen Kennlinie des Fotowiderstandes R_F ein lineares Potentiometer F_g als Rückmeldewiderstand verwendet werden kann.

Im folgenden soll das Verhalten des aus der Regelstrecke und einem TELEPERM* Z (Zeigerregler) bestehenden

* Eingetragenes Warenzeichen

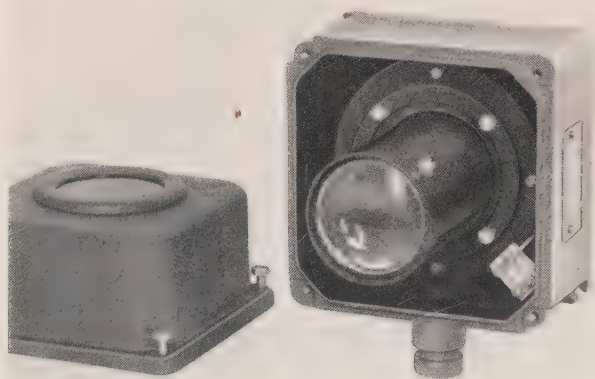


Bild 1 Fotogeber

Regelkreises untersucht werden [1]. Der TELEPERM Z (Zeigerregler) ist ein Regler mit Dreipunktverstärker, der über Schaltschütze einen motorischen Stellantrieb betätigt [2 bis 7]. Liegt die Regelabweichung innerhalb des Unempfindlichkeitsbereiches, so ist das Stellglied in Ruhe. Überschreitet die Abweichung den negativen

oder positiven Ansprechwert, so schaltet der Verstärker den Stellmotor über Schütze in der einen oder anderen Richtung – je nach Polarität der Eingangsgröße – ein. Der Stellantrieb kann somit nur drei Betriebszustände – Rechts- oder Linkslauf mit voller Drehzahl oder Stillstand – annehmen. Als Dreipunktverstärker werden polarisierte Relais, Magnet-, Röhren- und Transistorverstärker verwendet.

Der Regler sei vorerst ohne verzögerte Rückführung angenommen, d. h., überschreitet die Regelabweichung x_w die negative oder positive Ansprechgrenze des Dreipunktverstärkers, so gibt der Regler keine Impulsfolge, sondern Dauerkontakt (Bild 4).

Ein Regelkreis mit einem P-Regler kann im Beharrungszustand ($\dot{x}_w = 0$) durch folgende Gleichung beschrieben werden:

$$y = \frac{Y_h}{X_p} x \quad (1)$$

Hierin bedeuten:

- y Stellgröße
- Y_h Stellbereich
- X_p Proportionalbereich
- x Regelgröße

Jeder Geschwindigkeit der Regelgröße ist bei einem idealen Regler eine proportionale Stellgeschwindigkeit zugeordnet:

$$\dot{y} = k \dot{x} \quad (2)$$

Da das motorische Stellglied eines Dreipunktreglers aber nur eine konstante endliche Stellgeschwindigkeit \dot{y}_{\max} hat, wird die Regelgröße Schwingungen ausführen, wenn

$$\dot{y}_{\max} < k \dot{x}$$

Dieser Fall wird im folgenden am Beispiel der Durchhangregelung erläutert.

Bis zur Zeit $t = 0$ sind die Bahngeschwindigkeit $v_1 = v_2$ (s. Bilder 2 und 3) und die Regelabweichung $x_w = 0$. Wird die Bahngeschwindigkeit v_1 in $t = 0$ um Δv erhöht, so ändert sich die Größe des Durchhanges (Regelgröße x) mit der Geschwindigkeit:

$$\dot{x} = \frac{1}{2} (v_1 + \Delta v - v_2) \quad (3)$$

(Faktor $\frac{1}{2}$, wenn der Durchhang groß gegen den Abstand der Antriebswalzen ist.)

Dabei wird v_2 vom Regler mit konstanter Stellgeschwindigkeit \dot{y}_{\max} verstellt:

$$v_2 = v_1 + \dot{y}_{\max} t$$

wobei $\dot{y}_{\max} = \frac{Y_h}{T_y}$ (T_y Stellzeit)

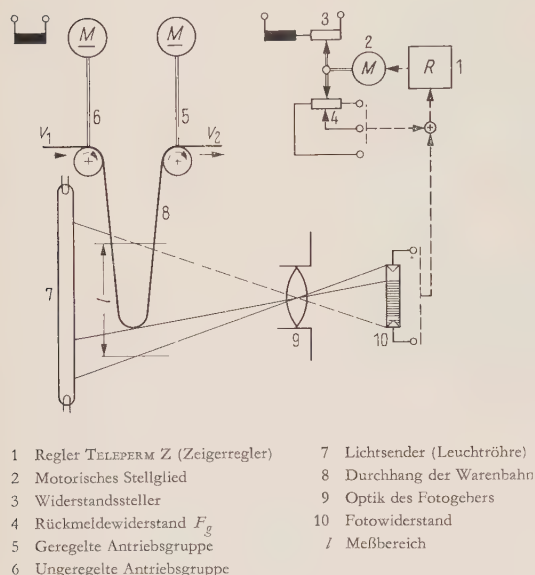


Bild 2 Grundschaaltung einer Durchhangregelung mit Gleichstrommaschine

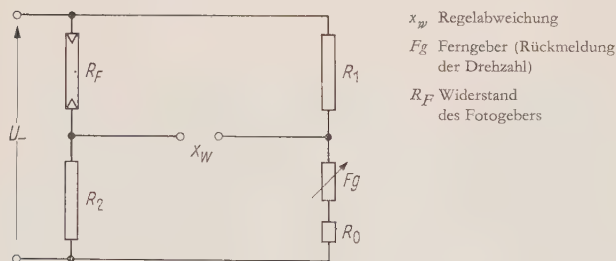


Bild 3 Meßschaltung der Durchhangregelung

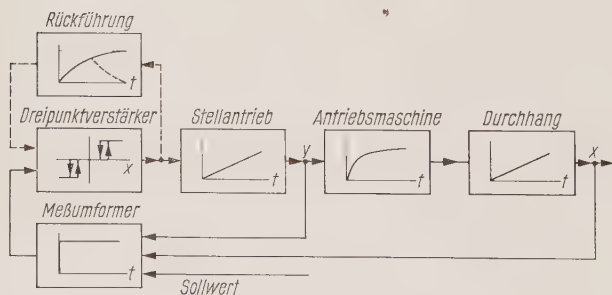
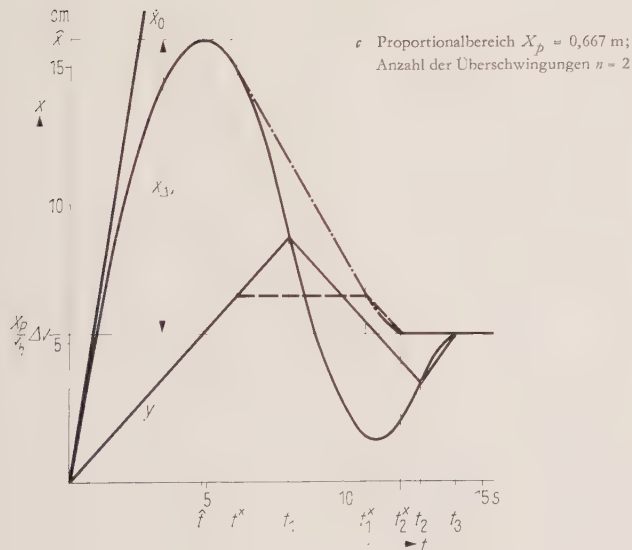
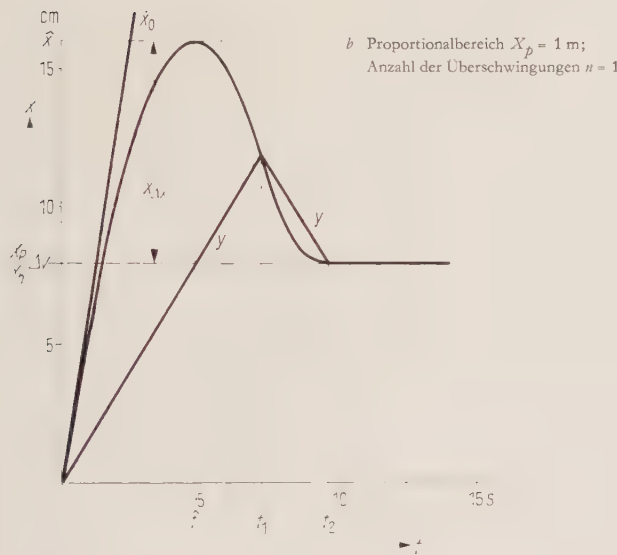
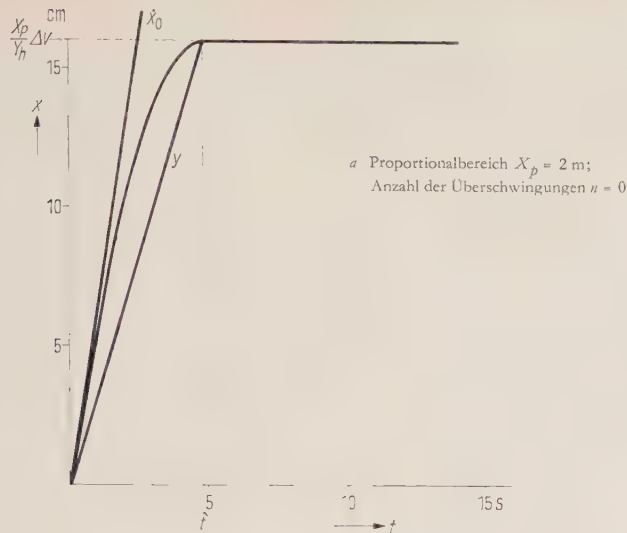


Bild 4 Blockschaaltung der Durchhangregelung



Stellzeit $T_y = 1$ min Stellbereich $Y_h = 100$ m/min Störung $\Delta v = 8$ m/min

— Verlauf von x^x (Regler mit Differentialeinfluß)

- - - Verlauf von y^x (Regler mit Differentialeinfluß)

Bild 5 Einschwingvorgang nach einer Störung

Integriert man die Gleichung (3) und setzt man die Randbedingungen ein, so ergibt sich:

$$x = \frac{1}{2} \Delta v t - \frac{1}{4} \frac{Y_h}{T_y} t^2 \quad (4)$$

Gleichung (4) hat ihren Extremwert zur Zeit \hat{t} :

$$\hat{t} = \Delta v \frac{T_y}{Y_h} \quad (5)$$

mit dem Betrag

$$\hat{x} = \frac{1}{4} \frac{T_y}{Y_h} \Delta v^2 \quad (6)$$

Die Überschwingweite x_{dx} ergibt sich somit zu:

$$x_{dx} = \frac{1}{4} \frac{T_y}{Y_h} \Delta v^2 - \frac{X_p}{Y_h} \Delta v \quad (7)$$

Die Überschwingweite x_{dx} ist Null, wenn (s. Bild 5a)

$$\Delta v \leq 4 \frac{X_p}{T_y} \text{ oder wenn}$$

$$\dot{y}_{\max} \geq \frac{Y_h}{X_p} \frac{\dot{x}_0}{2} \quad (8)$$

$$\dot{x}_0 = \frac{1}{2} \Delta v \text{ Anfangsgeschwindigkeit}$$

Hieraus ergibt sich folgende wichtige Beziehung:

Durchläuft in einem offenen Regelkreis die Regelgröße x aufgrund der Anfangsgeschwindigkeit \dot{x}_0 den Proportionalbereich X_p in der Zeit T_0 , so treten im geschlossenen Regelkreis keine Überschwingungen auf, wenn die Stellzeit $T_y \leq 2 T_0$ ist.

Ist die Überschwingweite $x_{dx} > 0$, d.h., Gleichung (8) ist nicht erfüllt, so verstellt der Regler bis zum Zeitpunkt t_1 (Bild 5b) die Stellgröße v_2 und kehrt dann die Stellrichtung um.

Die Geschwindigkeit der Regelgröße (\dot{x}) beträgt im Zeitpunkt t_1 :

$$|\dot{x}_1| = \frac{1}{2} \Delta v - 2 \frac{X_p}{T_y} \quad (9)$$

Sie hat sich somit gegenüber der Anfangsgeschwindigkeit $\dot{x}_0 = \frac{1}{2} \Delta v$ um $2 \frac{X_p}{T_y}$ vermindert.

Ist die Geschwindigkeit $|\dot{x}_1| > 2 \frac{X_p}{Y_h} \dot{y}_{\max}$ (s. Gleichung 8),

so schwingt die Regelgröße wieder über den Beharrungszustand hinaus (Bild 5c). Die Geschwindigkeit $|\dot{x}_1|$ ist bis zum Zeitpunkt t_2 wiederum um $2 \frac{X_p}{Y_h}$ gesunken.

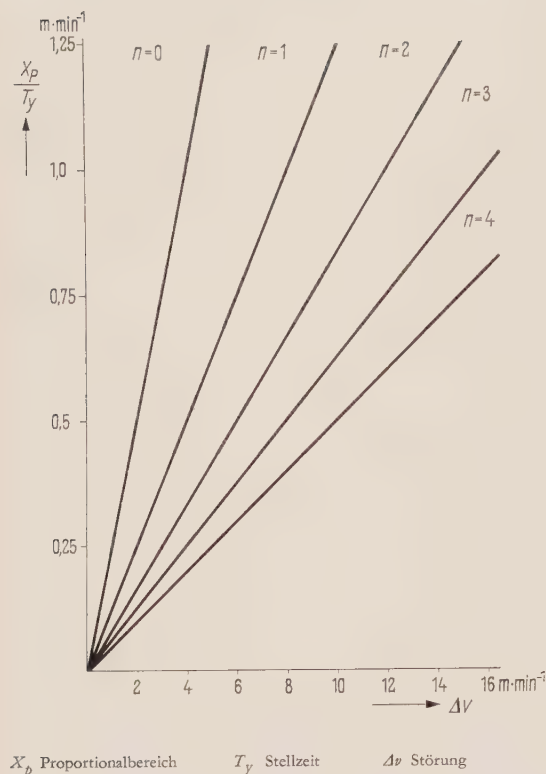


Bild 6 Anzahl der Überschwingungen n nach einer Störung Δv

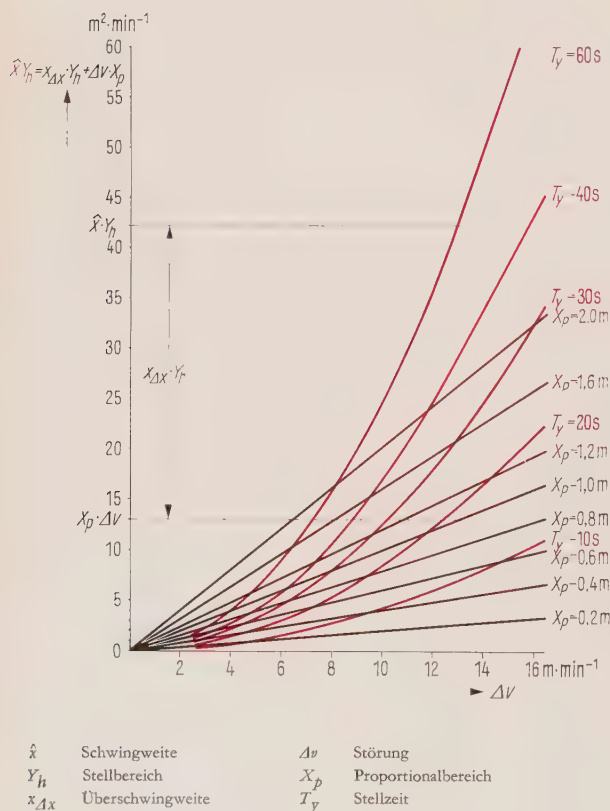


Bild 7 Schwing- und Überschwingweite nach einer Störung

Aus Bild 6 kann man die Anzahl n der Halbschwingungen entnehmen; sie ist abhängig vom Proportionalbereich X_p , von der Stellzeit T_y sowie von der Störgröße Δv und errechnet sich aus:

$$n \geq \frac{T_y}{4X_p} \Delta v - 1 \quad (10)$$

wobei n immer ganzzahlig zu erhöhen ist.

Die Überschwingweite $x_{\Delta x}$ der ersten Überschwingung nach einer Störung Δv kann aus Bild 7 als Differenz zwischen der Schwingweite \hat{x} und der proportionalen Abweichung (Beharrungszustand) entnommen werden. Es ist zu beachten, daß $x_{\Delta x}$ nur positive Werte annehmen kann, daß also nur Werte zu entnehmen sind, wenn die

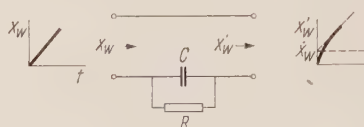


Bild 8 PD-Eingangsschaltung für Regelverstärker

von der Stellzeit T_y abhängige Kurve die vom Proportionalbereich X_p abhängige Kurve übersteigt. Unterhalb des Schnittpunktes beider Kurven bleibt die Überschwingweite $x_{\Delta x} = 0$.

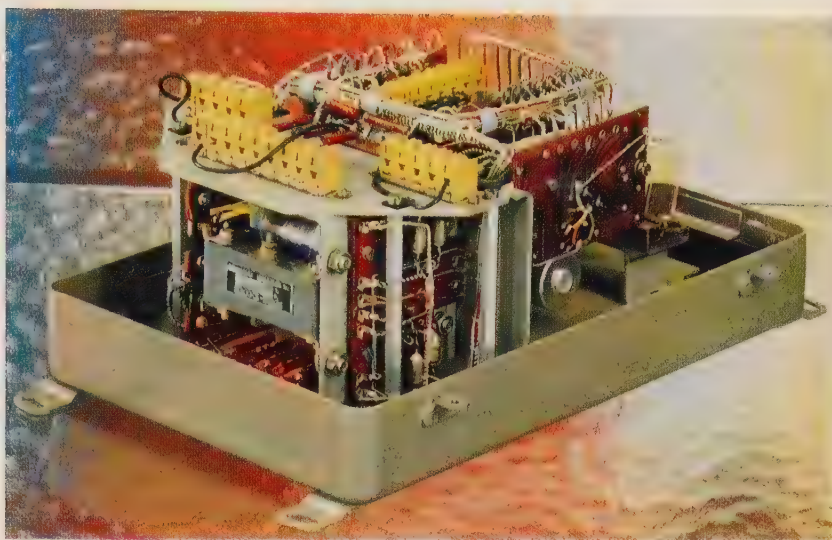
Die Blockschaltung (s. Bild 4) enthält eine verzögerte Rückführung, die hier unberücksichtigt blieb. Sie kompensiert im geschlossenen Regelkreis mit P-Regler eine etwa vorhandene Meßwertverzögerung sowie den Nachlauf des Stellgliedes. Pendelungen des Reglers um den Unempfindlichkeitsbereich werden dadurch vermieden.

Die Rückführung ist so eingestellt, daß der Aussteuerbereich nicht wesentlich größer als der Unempfindlichkeitsbereich des Reglers ist.

Um eine Dämpfung der Überschwingungen zu erwirken, kann dem Regler zusätzlich der Differentialquotient der Regelabweichung aufgeschaltet werden. In einer RC-Schaltung im Eingang des Reglers wird der Differentialquotient \dot{x}_w gebildet (Bild 8).

In Bild 5c ist der Verlauf der Regelgröße bei zusätzlicher Aufschaltung des Differentialquotienten \dot{x}_w (Differentialanteil) eingezeichnet. Bis zum Zeitpunkt \hat{t} wirkt \dot{x}_w im Sinne einer Vergrößerung der Regelabweichung $x'_w = c x_w + \dot{x}_w$; die Stellgeschwindigkeit bleibt jedoch konstant. In \hat{t} ändert sich die Polarität von \dot{x}_w und vermindert jetzt die Regelabweichung. Im Zeitpunkt t^x sei $\dot{x}_w = -c x_w$, und somit ist in diesem Punkt $\dot{y} = 0$ und $\dot{x} = \text{const.}$ Der Einfachheit halber wird angenommen, daß dieser Zustand bis zum Zeitpunkt t_1^x bleibt. Erst in

Bild 9 Regelverstärker TELEPERM Z (Zeigerregler) mit Transistorverstärker (Gehäusedeckel abgenommen, Deckplatte entfernt)



\dot{x}_1^x wird sich dann die Stellrichtung umkehren. Da die Geschwindigkeit der Regelgröße in \dot{x}_1^x kleiner ist als in \dot{x}_1 und der Regler das Stellglied nicht so weit über den Beharrungszustand hinaus verstellt hat, wird die Regelgröße stark gedämpft einschwingen.

Bei zusätzlicher Differential-Aufschaltung der Regelabweichung wird somit die Anzahl n der Überschwingungen vermindert, jedoch wird die Überschwingweite der ersten Überschwingung nicht beeinflusst.

Die vorliegenden Untersuchungen beziehen sich besonders auf die Durchhangregelung, gelten aber analog für alle integralen Regelstrecken [8]. Der Einsatz des TELEPERM Z (Zeigerregler) als PI-Regler an Regelstrecken mit Ausgleich, z. B. in Wärmekraftwerken oder in der Verfahrensindustrie, ist schon an anderer Stelle [9, 10] beschrieben worden.

Unberücksichtigt blieben bei den Berechnungen Nichtlinearitäten, wie der Unempfindlichkeits- und Aussteuerbereich des Reglers oder das Einlaufen des Stellgliedes in die Endstellung.

Die Nichtlinearitäten des Reglers können genügend klein gewählt werden. Die Begrenzung der Stellgliedbewegung durch die Endlagen – vorausgesetzt ist ein Stellbereich, der nicht kleiner ist als der Störbereich – bewirken eine Verminderung der Schwingungszahl n . Das Stellglied sei entsprechend Bild 5c im Zeitpunkt t_1^x in die Endstellung gelaufen. Bis zum Zeitpunkt t_1^x bleibt somit die Stellgeschwindigkeit $\dot{y} = 0$. Die Auswirkung ist ähnlich der der Differentialaufschaltung.

Der neuentwickelte Fotogeber (s. Bild 1) hat einen Meßbereich von maximal 100 cm, bezogen auf den Licht-

sender bei dem größten Abstand von 2,5 m zwischen Leuchte und Fotogeber. Befindet sich der Durchhang in der Mitte zwischen Leuchte und Fotogeber, so beträgt der maximale Meßbereich und damit der maximale Proportionalbereich $X_p = 50$ cm, bezogen auf den Durchhang.

Die Stellzeit T_y des Stellantriebes kann nur bis zu einem Grenzwert vermindert werden. Erfahrungsgemäß läßt sich als kleinste Stellzeit 25 s für Stellantriebe mit Stoppmotor und 10 bis 15 s für Stellantriebe mit Kondensatorbremse wählen. Kleinere Stellzeiten können wegen des Nachlaufes der Motoren Pendelungen um den Unempfindlichkeitsbereich (etwa $\pm 2\%$) bewirken.

Der Fotogeber kann mit dem TELEPERM Z (Zeigerregler) mit Dreipunktverstärker auf Transduktor- oder Transistorbasis (Bild 9) eingesetzt werden.

Schrifttum

- [1] Stürmer, W.: Wasserstandsregelung mittels P-Reglern mit Stellmotoren konstanter Stellgeschwindigkeit. Brennstoff, Wärme, Kraft 7 (1955) 309 bis 312
- [2] Pontow, W.: Die kontaktarmen Zeigerregler ZR 5 M und ZR 5 K. Siemens-Zeitschrift 31 (1957) 518 bis 529
- [3] Böhner, A.: Der Dreipunktverstärker als stetiger Regler. Siemens-Zeitschrift 34 (1960) 564 bis 569
- [4] Poppinger, H.: Der Regler TELEPERM Z (Zeigerregler) mit Transistorverstärker. Siemens-Zeitschrift 34 (1960) 569 bis 574
- [5] Neumann, B.: Ein Beitrag zur Pulsregelung. Regelungstechn. 8 (1960) 348 bis 352
- [6] Schlick, K.: Ein neuer elektrischer Regler. Siemens-Zeitschrift 31 (1957) 482 bis 486
- [7] Ramsauer, H.: Regler mit Dreipunktverstärker in der Antriebstechnik. Siemens-Zeitschrift 34 (1960) 644 bis 648
- [8] Noder, H.: Niveauregelanlage mit TELEPERM Z (Zeigerregler). Siemens-Zeitschrift 34 (1960) 610 bis 614
- [9] Pontow, W.: Die Zeigerreglertechnik in der wärmeerzeugenden und wärmeverbrauchenden Industrie. Energie 9 (1957) 389 bis 394
- [10] Pontow, W.: Die Dampfumformung in Dampfverteilungsnetzen. Braunkohle, Wärme und Energie 12 (1960) 438 bis 444

Schnellschwingende Galvanometer für Lichtstrahl-Oszillographen

VON ALFRED HEDERER UND HANS JAHN

Die Lichtstrahl-Oszillographen haben wegen einiger günstiger Eigenschaften ihre Bedeutung in der Registertechnik neben den Elektronenstrahl-Oszillographen nicht nur beibehalten, sondern ihr Anwendungsgebiet noch ausweiten können. In erster Linie ist das meßtechnischen Vorteilen der Meßwerke gegenüber anderen schwingenden Systemen zuzuschreiben. Als solche sind besonders zu erwähnen die große Empfindlichkeit, die völlige Potentialfreiheit und vor allem die bequeme Vervielfachung der Meßkanäle durch den Einbau vieler Schwinger in einen Oszillographen (Bild 1). Aus diesen Gründen ist man ständig bemüht, den Frequenzbereich der Lichtstrahl-Oszillographen, der überwiegend durch die Trägheit der mechanischen Schwinger gegeben ist, zu erweitern. Das ist mit der Entwicklung neuer Spulenschwingertypen (Tafel 1) gelungen.

Offenbar interessieren den Anwender ein großer Frequenzbereich, eine hohe Empfindlichkeit, eine bequeme Anpassung an den äußeren Meßkreis, eine große Schreibbreite auch bei den höheren Frequenzen und eine richtige, d. h. amplituden- und formgetreue Wiedergabe der zu registrierenden Schwingungen. Wie man weiß, sind diese Größen nicht voneinander unabhängig, und für ihre richtige Festlegung und Anwendung muß man den Zusammenhang kennen.

Physikalische Zusammenhänge

Wenn man voraussetzen darf, daß die erzwungenen Schwingungen der Galvanometer der gewöhnlichen Schwingungsgleichung genügen, also der Differentialgleichung mit konstanten Koeffizienten

$$\Theta \ddot{\varphi} + \delta \dot{\varphi} + D \varphi = M(t) \quad (1)$$

dann kann man diesen Zusammenhang leicht angeben [1]. Bei Schleifenschwingern, die mit OPPANOL/Dekalin gedämpft werden, ist diese Bedingung recht genau erfüllt, bei Spulenschwingern mit Eigenfrequenzen über 500 Hz, die mit Siliconöl gedämpft werden, in hinreichendem Maße. Trotzdem ist es zweckmäßig, sich an die Voraussetzungen zu erinnern, unter denen die Gleichung (1) Gültigkeit hat. Das ist vor allem dann notwendig, wenn man Abweichungen vom »normalen« Dämpfungsverhalten (d. h. von dem nach Gleichung (1) geforderten Verhalten) erklären und beseitigen will. Eine solche Abweichung kann für eine mathematische Beschreibung in der Weise berücksichtigt werden, daß man die Koeffizienten Θ (Trägheitsmoment), δ (Dämpfungskonstante) und D (elastische Konstante) als variabel ansieht. Für die Größe δ ist das am nächstliegenden. Denn eine der Geschwindigkeit proportionale Reibungskraft mit konstantem Koeffizienten setzt eine Bewegung des schwingenden Systems in einer Newtonschen Flüssigkeit voraus. Diese ist durch die Gültigkeit des Newtonschen Reibungsgesetzes

$$\sigma = \eta \frac{dv}{dz} \quad \text{mit } \eta = \text{const} \quad (2)$$

definiert.

Bei hochmolekularen Substanzen, zu denen auch die Siliconöle gehören, trifft das nicht mehr zu. Die Visko-

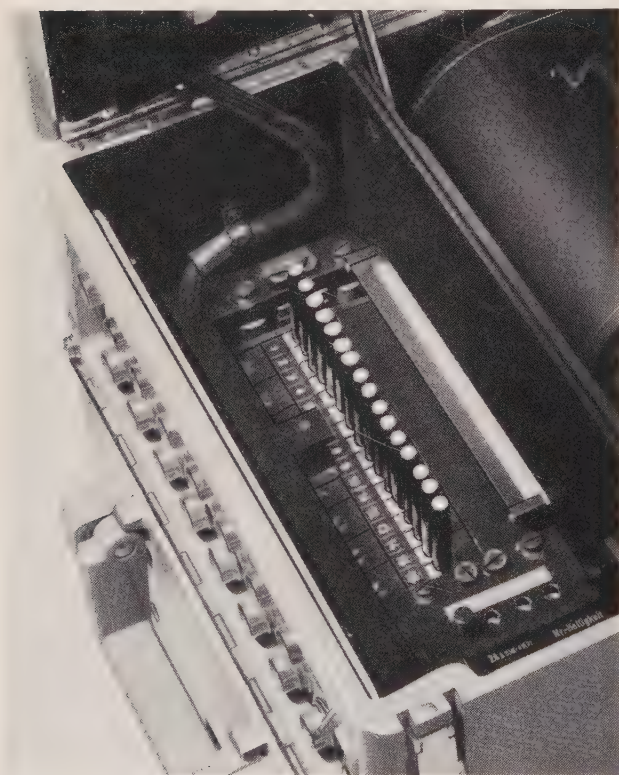


Bild 1 16 Meßkanäle im Spulenschwinger-Lichtstrahl-Oszillographen OSCILLOFIL* 16

* Eingetragenes Warenzeichen

sität η ist selbst eine Funktion der Schubspannung σ , so daß Schubspannung und Geschwindigkeitsgefälle nicht mehr proportional sind. Dieses als Strukturviskosität bezeichnete Verhalten muß offenbar die Dämpfung mitbestimmen.

Neben dieser Strukturviskosität spielen besonders bei höherfrequenten Vorgängen auch Relaxationserscheinungen eine Rolle, nämlich in der Weise, daß sich bei der dämpfenden Flüssigkeit plastische und elastische Eigenschaften überlagern. In einer von MAXWELL angegebenen Differentialgleichung kommt das deutlich zum Ausdruck:

$$\frac{d\sigma}{dt} = \Phi_T \frac{d\beta}{dt} - \frac{\sigma}{\tau_R} \tag{3}$$

Hierin bedeuten:

- σ Elastische Spannung
- Φ_T Torsionsmodul
- β Torsionswinkel
- τ_R Relaxationszeit

An dieser Gleichung lassen sich zwei Grenzfälle diskutieren:

- 1. Kleine Verformungsgeschwindigkeit $d\beta/dt$ und kleine Relaxationszeit τ_R . In Gleichung (3) kann das erste Glied der rechten Seite weggelassen werden, und man erhält durch Integration

$$\sigma = \sigma_0 e^{-\frac{t}{\tau_R}}$$

Die Spannung nimmt exponentiell mit der Zeit ab und ist nach Ablauf der Relaxationszeit τ_R auf den e-ten Teil gesunken. Wenn also τ_R klein genug ist, in dem hier

interessierenden Fall sehr viel kleiner als die Schwingungsdauer $T_0 = 0,2 \text{ ms}$ (s. Tafel 1), so haben die Spannungen keinen Einfluß auf das schwingende System; das dämpfende Medium zeigt rein plastisches Verhalten.

- 2. Große Verformungsgeschwindigkeit $d\beta/dt$ und große Relaxationszeit τ_R . In diesem Fall kann das zweite Glied auf der rechten Seite der Gleichung (3) vernachlässigt werden, und die integrierte Gleichung liefert

$$\sigma = \Phi_T \beta$$

Die Proportionalität zwischen Spannung und Verformung kennzeichnet das rein elastische Verhalten.

Nach diesen Erörterungen zeigen die Flüssigkeiten mit wachsender Verformungsgeschwindigkeit zunehmend elastisches Verhalten. Das ist in einem um so stärkeren Maße der Fall, je größer die Relaxationszeit τ_R ist.

Für die folgenden Überlegungen sollen die Koeffizienten Θ , δ und D als konstant angesehen werden. Dann kann die Gleichung (1) in bekannter Weise auf eine für die praktische Anwendung geeignete Form gebracht werden. Hierbei hat man zunächst zu berücksichtigen, daß das elektrische Moment $M_{el}(t)$ auf der rechten Seite von Gleichung (1) in zwei Anteile zerlegt werden kann, nämlich in den vom Meßstrom i herrührenden Anteil $M'_{el}(t)$ und den vom induzierten Strom I herrührenden Anteil $M''_{el}(t)$. Der erste Anteil ist durch die Galvanometergleichung gegeben

$$M'_{el}(t) = D \varphi = n F B i \tag{4}$$

n Windungszahl

F Spulenfläche

B Magnetische Induktion

Typ	Eigen- frequenz des unge- dämpften Schwingers f_0 Hz	Nutzbarer Frequenz- bereich bei einem Amplitudenfehler von		Schwin- ger- wider- stand R_i Ω	Erfor- der- licher Wider- stand R_a Ω	Empfindlichkeit S_i und S_H sowie Konstanten C_i und C_H								Maxi- mal zu- lässiger Strom mA
						bei 30 cm Lichtzeigerlänge (OSCILLOFIL 6 und 16)				bei 50 cm Lichtzeigerlänge (OSCILLOPORT und OSCILLOMAT)				
		$\pm 5\%$	$\pm 30\%$ (3 dB)			S_i $\frac{\text{mm}}{\mu\text{A}}$	$C_i = 1/S_i$ $\frac{\mu\text{A}}{\text{mm}}$	S_H $\frac{\text{mm}}{\text{mV}}$	$C_H = 1/S_H$ $\frac{\text{mV}}{\text{mm}}$	S_i $\frac{\text{mm}}{\mu\text{A}}$	$C_i = 1/S_i$ $\frac{\mu\text{A}}{\text{mm}}$	S_H $\frac{\text{mm}}{\text{mV}}$	$C_H = 1/S_H$ $\frac{\text{mV}}{\text{mm}}$	
		Hz	Hz			$\frac{\text{mm}}{\mu\text{A}}$	$\frac{\mu\text{A}}{\text{mm}}$	$\frac{\text{mm}}{\text{mV}}$	$\frac{\text{mV}}{\text{mm}}$	$\frac{\text{mm}}{\mu\text{A}}$	$\frac{\mu\text{A}}{\text{mm}}$	$\frac{\text{mm}}{\text{mV}}$	$\frac{\text{mV}}{\text{mm}}$	
S 1,2	120	0 bis 72	0 bis 120	40	190	2,0	0,5	8,7	0,11	3,3	0,3	14,3	0,07	10
S 2,5	250	0 bis 150	0 bis 250	40	60	0,4	2,5	4,0	0,25	0,65	1,5	6,5	0,15	15
S 3,5	350	0 bis 210	0 bis 350	40	25	0,21	4,8	3,2	0,31	0,35	2,9	5,4	0,19	14
S 1,2s	120	0 bis 72	0 bis 120	220	800	3,6	0,28	3,5	0,29	6,0	0,17	5,9	0,17	2
S 2,5s	250	0 bis 150	0 bis 250	220	200	0,8	1,3	1,9	0,53	1,3	0,77	3,1	0,32	4
						$\frac{\text{mm}}{\text{mA}}$	$\frac{\text{mA}}{\text{mm}}$	$\frac{\text{mm}}{\text{V}}$	$\frac{\text{V}}{\text{mm}}$	$\frac{\text{mm}}{\text{mA}}$	$\frac{\text{mA}}{\text{mm}}$	$\frac{\text{mm}}{\text{V}}$	$\frac{\text{V}}{\text{mm}}$	
S 7,5	750	0 bis 450	0 bis 750	40	> 100	15,0	0,067	110	0,0091	25,0	0,04	180	0,0056	20
S 20	2000	0 bis 1200	0 bis 2000	40	> 15	2,2	0,455	40	0,025	3,8	0,263	69	0,0145	60
S 50	5000	0 bis 3000	0 bis 5000	25	> 10	0,9	1,11	25,7	0,039	1,5	0,67	43	0,0232	70

Tafel 1 Technische Daten der z. Z. lieferbaren Spulenschwinger

Bei einem konstanten Magnetfeld errechnet sich auch der zweite Anteil leicht aus der induzierten Spannung

$$I/I_1 = n \Phi$$

$$\text{zu } M''_d(t) = - \frac{(B n F)^2}{R_i + R_M} \varphi \quad (5)$$

wobei R_i der Widerstand des Schwingers und R_M der Widerstand der Meßschaltung ist. Die Gleichung (1) nimmt damit die Form an

$$\Theta \ddot{\varphi} + \left(\delta + \frac{(B n F)^2}{R_i + R_M} \right) \dot{\varphi} + D \varphi = (B n F) i(t) \quad (6)$$

Es hat sich weiter als zweckmäßig erwiesen, eine auf die Eigenschwingungsdauer bezogene Zeit $\tau = \frac{2\pi t}{T_0} = \omega_0 t$

und statt des Drehwinkels $\varphi(t)$ den auf dem Registrierpapier erzielten Ausschlag $y(\tau) = L \varphi$ (L Lichtzeigertlänge) und den mit Gleichstrom erzielten Ausschlag $z(\tau) = \frac{L B n F i}{D}$ einzuführen, weil dann die drei Koeffizienten der Schwingungsgleichung auf einen, den Dämpfungsgrad α , reduziert werden können.

Man erhält durch Einsetzen dieser Werte in die Gleichung (1) und mit der Beziehung

$$\omega_0 = \frac{2\pi}{T_0} = \sqrt{\frac{D}{\Theta}} \quad (7)$$

die Gleichung

$$y''(\tau) + 2\alpha y'(\tau) + y(\tau) = z(\tau) \quad (8)$$

wobei der so eingeführte Dämpfungsgrad α aus der Beziehung

$$\alpha = \frac{\delta}{2\omega_0 \Theta} + \frac{(B n F)^2}{2\omega_0 \Theta (R_i + R_M)} = \alpha_{01} + \alpha_{\text{elektrodyn}} \quad (9)$$

folgt.

Der Dämpfungsgrad bestimmt weitestgehend das Verhalten des Schwingers. Wie aus der ausführlichen Arbeit [1] folgt, muß für ihn der Wert $\frac{1}{\sqrt{2}} = 0,7$ angestrebt und bei der Messung möglichst eingehalten werden.

Aus der Gleichung (9) erkennt man die Abhängigkeit des Dämpfungsgrades von R_M . Die Abhängigkeit von der Temperatur ϑ ergibt sich mittelbar über die Dämpfungskonstante δ ; denn diese wurde unter Berücksichtigung des Widerstandsgesetzes

$$\delta \dot{\varphi} = a \eta \dot{\varphi} \quad (10)$$

eingeführt. Darin ist a eine die Geometrie des Schwingers berücksichtigende Konstante und η die Viskosität.

Meßtechnische Eigenschaften

Spulenschwinger mit Eigenfrequenzen unter 500 Hz arbeiten ohne Öldämpfung. Die Luftdämpfung ist zu

vernachlässigen ($\delta = 0$). Gleichung (9) vereinfacht sich dann zu

$$\alpha = \frac{(B n F)^2}{2\omega_0 \Theta (R_i + R_M)} \quad (11)$$

B, n, F, R_i, ω_0 und Θ sind Baugrößen, die der Hersteller dem Verwendungszweck des Schwingers entsprechend sinnvoll auswählt.

Die Dämpfung ist aber auch vom Widerstand der Meßschaltung R_M , in der der Schwinger eingesetzt wird, abhängig. Nur wenn der Meßschaltungswiderstand dem für den Schwinger geforderten Abschlußwiderstand R_a entspricht, wird eine optimale Wiedergabetreue $\alpha = 0,7$ erreicht.

Entspricht der Innenwiderstand des Gebers nicht dem geforderten Abschlußwiderstand, so entsteht für den Benutzer die Aufgabe der Anpassung durch Vor- und Nebewiderstände. Eine solche Anpassung ist immer zeitraubend und mit einer Empfindlichkeitseinbuße verbunden. Man kann diesem Mangel begegnen, indem man dem Benutzer eine größere Anzahl von Schwingertypen zur Auswahl anbietet. Tafel 1 zeigt das Programm der niederfrequenten Typen mit Eigenfrequenzen von 120 Hz, 250 Hz und 350 Hz. Welche Gesichtspunkte für die Auslegung solcher Schwinger gelten, wurde bereits in früheren Arbeiten aufgezeigt [2, 3].

Für die Bemessung von Spulenschwingern mit Eigenfrequenzen über 500 Hz gelten andere Gesichtspunkte. Gleichung (9) besagt, daß α hyperbolisch mit der Eigenfrequenz abnimmt. Es gibt eine Frequenz ω'_0 , oberhalb der ein Dämpfungsgrad $\alpha = 0,7$ mit elektrodynamischer Dämpfung allein nicht mehr erreicht werden kann. Diese Frequenz ist für $R_M \rightarrow 0$

$$\omega'_0 = \frac{(B n F)^2}{1,4 R_i \Theta} \quad (12)$$

Mit den bekanntgewordenen Konstruktionen werden für ω'_0 Werte bis zu 500 Hz erreicht.

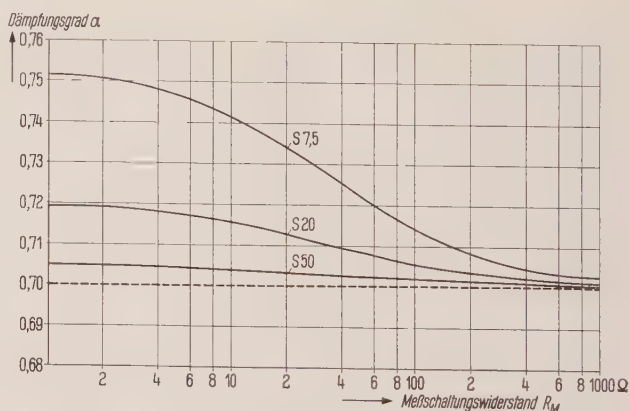


Bild 2 Dämpfungsgrad in Abhängigkeit vom Meßschaltungswiderstand R_M für die ölgedämpften Spulenschwinger S 7,5, S 20 und S 50

Schwinger mit höherer Eigenfrequenz werden deshalb zusätzlich mit Öl gedämpft. Die Dämpfung dieser Schwinger wird durch die vollständige Gleichung (9) beschrieben. Welchen Anteil die elektrodynamische Dämpfung an der Gesamtdämpfung hat, zeigt Bild 2 für die neuen Schwinger S 7,5, S 20 und S 50 (Daten s. Tafel 1).

Bei den Schwingern S 20 und S 50 hat der Meßschaltungswiderstand auf den Dämpfungsgrad kaum noch einen Einfluß. Beim Schwinger S 7,5 beträgt der Dämpfungsgrad für die Grenzfälle $R_M \rightarrow 0$ und $R_M \rightarrow \infty$ $\alpha = 0,7$ und $\alpha = 0,75$. Auch dies sind Werte, die für den größten Teil der Meßaufgaben ausreichen.

Um den Dämpfungsgrad und damit die Wiedergabetreue weitgehend temperaturunabhängig zu halten, verwendet man heute allgemein Siliconöl zur Dämpfung von Spulenschwingern. Gegen die synthetischen Öle bestand bisher eine gewisse Abneigung, weil die Dämpfung infolge der eingangs erwähnten Eigenarten dieser Öle gewisse Anomalien zeigt.

Wenn man trotzdem Siliconöl zur Dämpfung benutzt, so liegt das wohl daran, daß der Vorteil der geringeren Temperaturabhängigkeit des Dämpfungsgrades besonders hoch bewertet wird.

In Bild 3 ist die Temperaturabhängigkeit des Dämpfungsgrades für einen Schwinger S 7,5 dargestellt. Zum Vergleich wurde die Abhängigkeit des Dämpfungsgrades eines mit OPPANOL/Dekalin gedämpften Schleifenschwingers eingezeichnet. Die Dämpfung ist beim Spulenschwinger so eingestellt, daß bei 40 °C (geregelter Temperatur des Magnetblockes) ein Dämpfungsgrad von $\alpha = 0,7$ erreicht wird. Die Dämpfung für Schleifenschwinger ist auf 20 °C eingestellt.

Die Eigenfrequenz, für die ein Schwinger ausgelegt werden kann, wird nach oben durch seine Eigenerwärmung begrenzt. Der Eigenverbrauch

$$N_e = i^2 R_i \quad (13)$$

muß deshalb so klein wie möglich gehalten werden. Mit den Gleichungen (4) und (7) ergibt sich

$$N_e \sim \frac{\omega_0^4 \Theta^2 R_i}{(B n F)^2} \quad (14)$$

Der Eigenverbrauch steigt mit der vierten Potenz der Eigenfrequenz und mit dem Quadrat des Trägheitsmomentes. Das Trägheitsmoment muß also so klein wie möglich sein. Andererseits erfordern gerade die höherfrequenten Typen einen besonders starren Systemaufbau, um unerwünschte Nebenfrequenzen zu vermeiden. Bild 4 zeigt, welche Übertemperaturen infolge Eigenerwärmung bei den neuen Schwingern S 7,5, S 20 und S 50 bei verschiedenen Schreibbreiten (Doppelamplituden) auftreten. Mit allen in der Tafel genannten

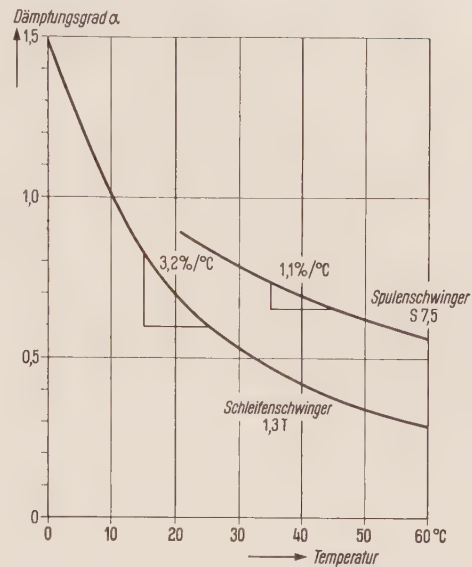


Bild 3 Temperaturabhängigkeit des Dämpfungsgrades beim Spulenschwinger S 7,5 ($R_M = 100 \Omega$) und beim Schleifenschwinger 1,3 T

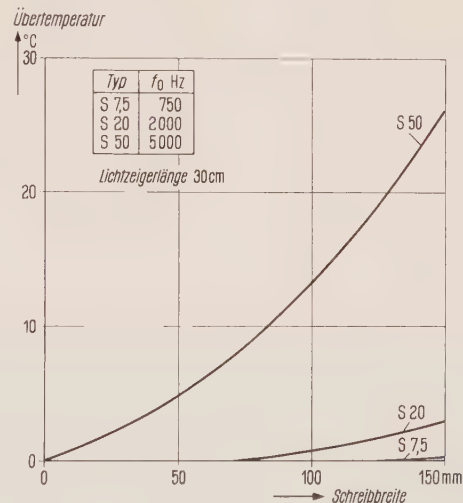


Bild 4 Übertemperatur in Abhängigkeit von der Schreibbreite bei den Spulenschwingern S 7,5, S 20 und S 50 bei 30 cm Lichtzeigerlänge

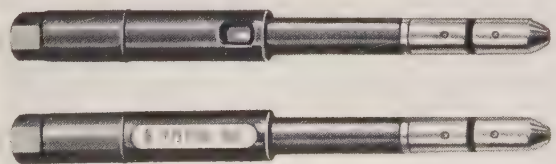


Bild 5 Vorder- und Rückansicht eines Spulenschwingers im Maßstab 1:1

Schwingern kann in allen Siemens-Lichtstrahl-Oszillographen die volle Papierbreite ausgeschrieben werden.

Alle Spulenschwinger werden in der bewährten Bleistiftform (Bild 5) ausgeführt. Bei den niederfrequenten Typen müssen besonders hohe Anforderungen an die Eisenfreiheit der sehr dünnen Drähte für die Drehspulen gestellt werden. Die Systeme müssen sorgfältig ausgewuchtet werden, damit ein einwandfreies Registrieren auch bei Erschütterungen, z. B. in Fahrzeugen, möglich ist. Die Drehspulen, deren Gesamtbreite nur einige zehntel Millimeter beträgt, müssen sauber lagenweise gewickelt werden, damit das Trägheitsmoment klein

bleibt. Die Öldämpfung wurde so ausgeführt, daß sich der Spiegel nicht im Öl befindet. Nur die Drehspule schwingt in einem engen Rohr, das mit Öl entsprechender Viskosität gefüllt ist. Solche Schwinger lassen sich nur mit Hilfe ausgeklügelter Arbeitsverfahren und einer großen Anzahl von Spezialvorrichtungen herstellen.

Schrifttum

- [1] Härtel, W.: Theorie und Beurteilung der Verzerrung von Lichtstrahl-Oszillographen. Frequenz 4 (1950) 271 bis 278 und 289 bis 294
- [2] Clasen, R. und Jahn, H.: Neue hochempfindliche Spulenschwinger für Lichtstrahl-Oszillographen. Siemens-Zeitschrift 31 (1957) 583 bis 592
- [3] Clasen, R.: Spulenschwinger für Lichtstrahl-Oszillographen. Elektrotechn. Z. B 10 (1958) 202 bis 205

Ringkern-Auswertefeld für die Identifizierung von 400 Fernsprech-Nebenstellen

VON FRANZ FAHRENSCHON UND WOLFGANG MÜLLER

Die Technik der selbsttätigen Gebührenerfassung mit Teilnehmer-Identifizierung und Gesprächsregistrierung hat sich dank ihrer Wirtschaftlichkeit und betrieblichen Vorzüge bereits in vielen großen Wahl-Nebenstellenanlagen (GWN-Anlagen) bewährt.

Bei dieser Technik können die amtsberechtigten Nebenstellen freien Zugang zur Landesfernwahl erhalten; die Nummer der anrufenden Nebenstelle wird dabei von einer zentralen Identifiziereinrichtung ermittelt und der Registrierung zugeführt.

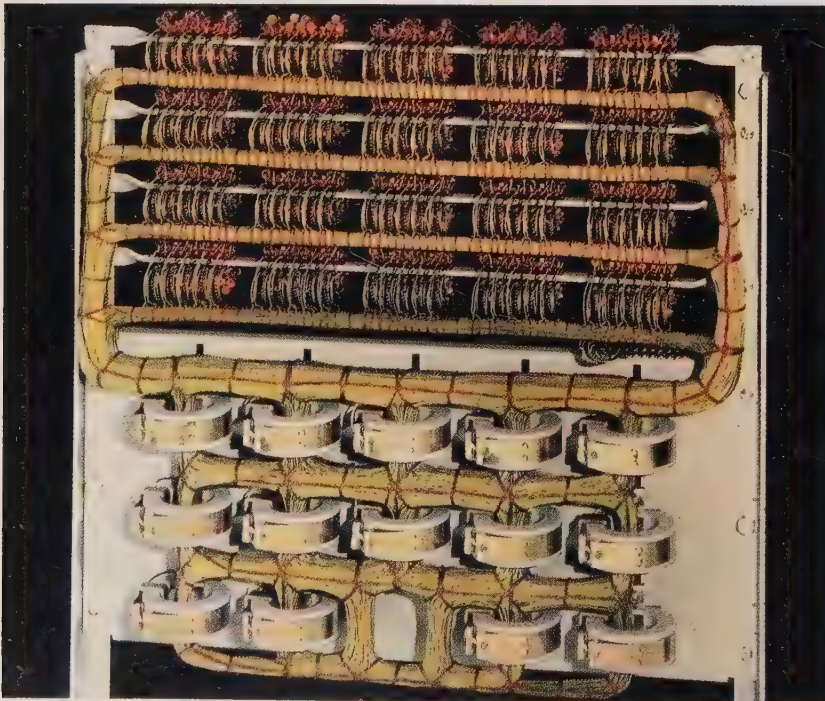


Bild 1 Kodiert aufgebautes Ringkern-Auswertefeld für 400 Fernsprech-Nebenstellen. Oben das Anschlußfeld

Eine Hauptforderung an die Identifiziereinrichtung ist, daß sie universell, also auch in verschiedenen Systemen, verwendet werden kann. Darüber hinaus soll eine Identifizierung in jedem Gesprächszustand möglich sein. Ferner muß die Einrichtung sehr hohen Belegungszahlen gewachsen sein, dabei sehr schnell und äußerst sicher arbeiten, sie soll außerdem erweiterbar sein und den übertragungstechnischen Anforderungen entsprechen.

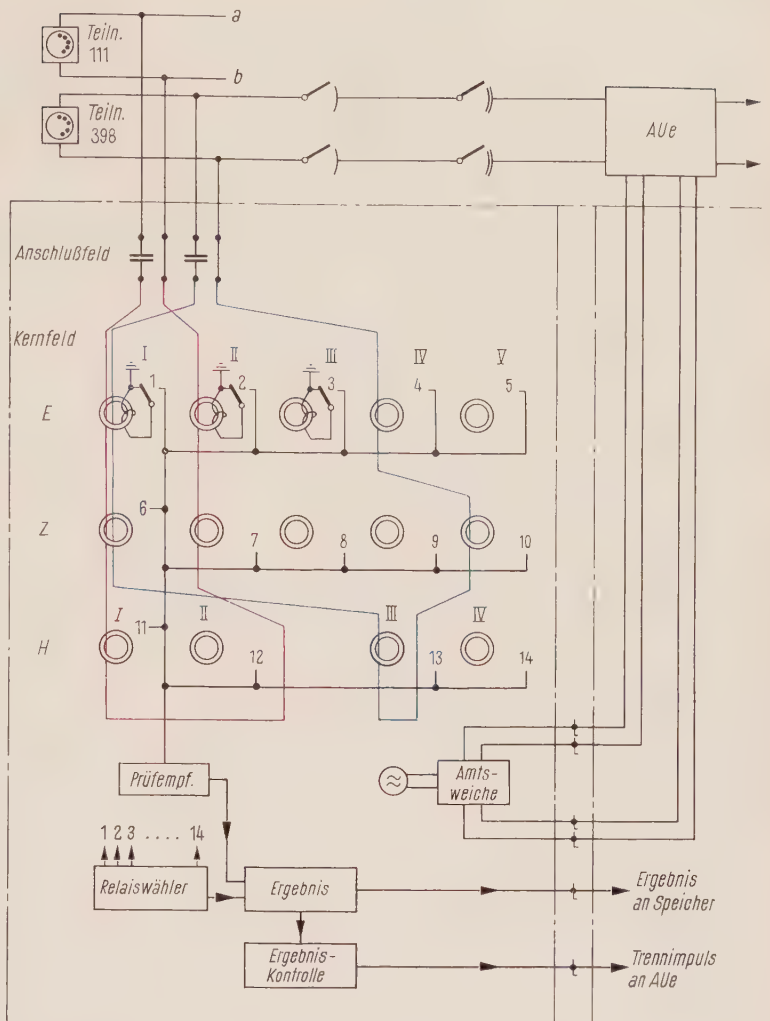
Für GWN-Anlagen großen Ausbaues liegt in der teilelektronischen Identifiziereinrichtung mit Ringkern-Auswertefeld eine Lösung vor, die alle gestellten Forderungen erfüllt [1]. Als Baueinheit dienen Auswertefelder für 2000 Teilnehmer. Während in kleineren GWN-Anlagen bisher mit Wählern identifiziert wurde, wobei Baustufen für 700 Teilnehmer und 1400 Teilnehmer möglich waren [2], gelang es nun, auch für solche Anlagen eine wirtschaftliche Lösung mit Identifizierung nach dem Ringkernprinzip zu finden. Als günstige Baugröße wurde eine Einrichtung mit einem Ringkernfeld für 400 Teilnehmer gewählt (Bild 1).

Prinzip der Ringkern-Identifizierung

Das Kernstück der Identifiziereinrichtung ist eine Matrix aus Ringkernen. Diese Übertragermatrix enthält für jeden Teilnehmer eine Auswerteschleife, d.h., ein Draht ist so durch die Ringkern-Matrix geführt, daß jeder Teilnehmer eindeutig gekennzeichnet ist (s. Bild 2). Jede Auswerteschleife ist über einen Koppelkondensator parallel an die Sprechadern geschaltet.

Der Vorgang der Identifizierung läuft so ab, daß in die Amtsübertragung ein Identifiziersignal gegeben wird, dessen Frequenz oberhalb des Sprachbereichs liegt. Das Signal gelangt über den Sprechweg zum gesuchten Nebenstellenanschluß und über die angekoppelte Auswerteschleife in das Ringkernfeld. Dort können die von der Auswerteschleife durchlaufenen Ringkerne durch Relaiswähler und Prüfempfänger ermittelt werden. Die Kombination der gefundenen Kerne stellt die Teilnehmerrufnummer dar. Gleichzeitige Anforderungen werden nacheinander erledigt.

Das bereits erwähnte große Ringkernfeld mit 2000 Auswerteschleifen ist rein dekadisch aufgebaut, damit nicht zu große Drahtbündel durch die Ringkerne zu führen



E Einigerkerne
Z Zehnerkerne
H Hunderterkerne
Aue Amtsübertragung

Bild 2 Teilelektronische Identifiziereinrichtung mit »kodiertem« Ringkern-Auswertefeld

sind. Es enthält vier Kerndekaden und vier Prüfempfänger zur »Ausprüfung« in zehn Schritten. Beim 400er-Feld sind die Ringkerne so angeordnet, daß die Nebenstellennummer nach einem Code identifiziert wird (Bild 3). Damit verringert sich der Aufwand für die zentrale Identifiziereinrichtung.

Einem so aufgebauten Kernfeld liegen folgende Überlegungen zugrunde: Bei einem »2-von-5«-Code ist es möglich, die Ziffern durch fünf Übertragerkerne festzulegen, von denen jeweils zwei zu erregen sind. Für das Auswertefeld mit 400 Schleifen sind dann für die Einer- und Zehnerziffern je fünf Kerne erforderlich. Zur einfacheren »Fädelung« ist es vorteilhaft, die Hunderterziffer nicht zu kodieren, zumal gegenüber dem dekadischen Aufbau kein Kern eingespart werden kann. Für die Hunderterziffer genügen demnach vier Kerne.

Aufbau und Eigenschaften der Einrichtung für 400 Nebenstellen

In einem Rahmenaufbau sind im oberen Teil vier Anschlußfelder für je 100 Teilnehmer angeordnet (s. Bild 1). An der Vorderseite der Anschlußfelder liegen die Enden der Auswerteschleifen, an der Rückseite die vom Hauptverteiler herangeführten *a/b*-Adern. Dabei werden die *a*-Adern jeweils über einen Koppelkondensator und die *b*-Adern unmittelbar miteinander verbunden. Im unteren Teil liegen in waagerechter Anordnung die Einer- und Zehnerzeilen mit je fünf Kernen; darunter liegt die Hunderterzeile mit vier Kernen. Die einzelnen Auswerteschleifen (s. Bild 2) laufen, beim Anschlußpunkt der *a*-Ader beginnend, zunächst durch je einen Einer-,

	I	II	III	IV	V
1	○	○			
2	○		○		
3		○	○		
4		○		○	
5			○	○	
6			○		○
7				○	○
8	○			○	
9	○				○
0		○			○

Bild 3 Codeschlüssel für
die Einer- und Zehnerkerne

Zehner- und Hunderterkern und dann zurück durch den zweiten Zehner- und Einerkern zum Anschlußpunkt der *b*-Ader. Dabei umschließen im Kernfeld alle Zehner- und Einerkerne je 160 Drähte und die Hunderterkerne 100 Drähte.

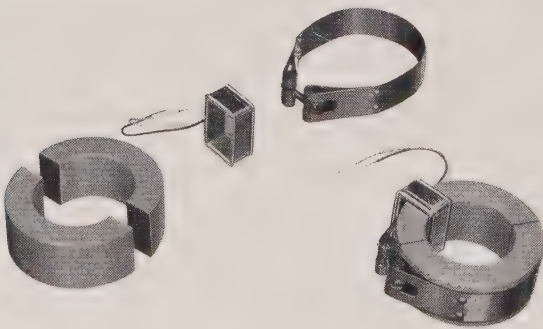


Bild 4 Geschlossener und geöffneter Schnittbandkern für Ringkern-Auswertefelder. Ein Spannband hält die beiden Ringhälften zusammen. Die aufgeschobene Spule ist die Prüfwicklung

Alle 14 Kerne des Auswertefeldes werden beim Identifizierungsvorgang abgefragt. Dies geschieht mit einem einzigen Prüfeempfänger, der durch einen Relaiswähler nacheinander an die Prüfwicklung jedes Kernes angeschaltet wird (s. Bild 2). Bei der geringen Anzahl der Ringkerne beanspruchen die Identifizierungsvorgänge nur sehr wenig Zeit. Nach Durchlauf des Relaiswählers haben die entsprechenden Prüferelais angesprochen. Eine Ergebniskontrolle prüft, ob in den Einer- und Zehnerzeilen jeweils zwei von fünf und in der Hunderterzeile eines von vier Prüferelais angesprochen haben. Ist das Ergebnis als richtig erkannt, wird es zum Speicher übermittelt; andernfalls wird die Verbindung getrennt. Mit jedem Hunderter-Ergebnisrelais kann eine Hunderterziffer und im Bedarfsfall zusätzlich eine Tausenderziffer markiert werden.

Durch die angekoppelten Auswerteschleifen wird der Sprechweg praktisch nicht gedämpft; sie haben außerdem auf die Nebensprechverhältnisse während des Gesprächs keinerlei Einfluß. Störbeeinflussungen der Kerne untereinander sind ausgeschaltet. Gegen Störspannungen ist der Prüfeempfänger durch eine einstellbare Ansprechschwelle unempfindlich, ebenfalls gegen Schaltknacke. Durch eine hohe Selektivität des Prüfeempfängers ist eine ausreichende Sicherheit gegen störende Nachbarfrequenzen gewährleistet.

Schnittbandkerne (Bild 4) erleichtern das Ausformen der Auswerteschleifen. Erst nach Einlöten der Kabelform in den Ringkernrahmen werden die Schnittbandkerne um die Kabelstämme der Auswerteschleifen gelegt und dann von einem Spannband zusammengehalten. Die sekundäre Prüfwicklung befindet sich auf einem Spulenkörper und wird vor dem Zusammenbau auf eine Hälfte des Ringkernes geschoben.

In Verbindung mit einem Ringkernfeld kann die beschriebene Identifiziereinrichtung für GWN-Anlagen mit maximal 400 Teilnehmern eingesetzt werden. Durch Zusetzen eines zweiten oder dritten Ringkernfeldes sind Erweiterungen auf 800 und auf 1200 Teilnehmer möglich; auch der Übergang von dreistelligen auf vierstellige Rufnummern läßt sich leicht vornehmen. Mit der bisherigen Identifiziereinrichtung für 2000 Teilnehmer und der beschriebenen für 400 Teilnehmer im Grundaufbau können alle vorkommenden Identifizieraufgaben in beliebigen Systemen und Anlagengrößen wirtschaftlich gelöst werden.

Schrifttum

- [1] Fischer, K.: Eine teilelektronische Identifiziereinrichtung für die Gebührenerfassung in Großen Wahl-Nebenstellenanlagen. Siemens-Zeitschrift 34 (1960) 146 bis 150
- [2] Kurz, W.: Die Technik der automatischen Gebührenerfassung in Großen Wahl-Nebenstellenanlagen. Siemens-Zeitschrift 34 (1960) 176 bis 178
- [3] Ventz, J.: Automatische Gebührenabrechnung in Großen Wahl-Nebenstellenanlagen. Siemens-Zeitschrift 34 (1960) 178 bis 180

Hilfskabel für den Netzschutz in Hochspannungsnetzen

VON FRIEDRICH GEISE, WILLIBALD VOGL UND CHRISTIAN SCHULTZE

Beim Bau großer Hochspannungsanlagen werden in neuerer Zeit auch Hilfskabel mit erheblichen Längen ausgelegt. Diese Kabel vermitteln Steuerbefehle und Rückmeldungen innerhalb der eigentlichen Schaltanlagen, übertragen Meßwerte und stellen außerdem Verbindungen zu entfernten anderen Schaltanlagen her.

Die Hilfskabel für Ortssteuerungen und Messungen innerhalb der Schaltanlagen sollen hier außer Betracht bleiben; es werden nur diejenigen Hilfskabel behandelt, die zu anderen Schaltanlagen führen. Die zu überbrückenden Abstände können mehrere 100 m bis einige Kilometer betragen. Solche Verbindungen treten hauptsächlich in städtischen Kabelnetzen und in großen Industriernetzen auf.

Wenn die Entfernungen weit mehr als etwa 10 km betragen, ist eine Sonderbehandlung solcher Aufgaben notwendig.

Im vorliegenden Beitrag werden die Grundsätze behandelt, die beim Planen von Hilfskabelverbindungen zwischen den Schaltstationen von Stadtnetzen und Industrieanlagen beachtet werden müssen. Es besteht zuweilen die Gefahr, daß beim Planen solcher Hilfskabel anfangs nur die eigentlich nachrichtentechnischen Belange beachtet, die Forderungen der Schutztechnik aber zunächst übersehen werden. Wenn man dann feststellt, daß die verlegten Kabel den Ansprüchen der Schutztechnik nicht genügen, ist es nachher schwer und nur mit zusätzlichem Kostenaufwand möglich, einen Zustand bezüglich Sicherheit und Prüfspannungen herzustellen, den man bei rechtzeitigem Beachten aller Aufgaben leicht hätte in vollkommener Form erreichen können.

Hilfskabel lassen sich, entsprechend ihren Aufgaben, in zwei große Gruppen einteilen.

Die erste Gruppe, hier zusammenfassend als Fernmeldekabel bezeichnet, unterliegt verhältnismäßig einfachen Arbeitsbedingungen: Die Kabel brauchen nur während des »gesunden« Netzbetriebes, höchstens während eines Erdschlusses, Nachrichten (im umfassenden Sinne) zu übertragen. Hierzu gehören Ferngespräche, Fernmeßwerte, verschlüsselte Impulstelegramme für Fernsteuerung, betriebliche Änderungen der Schalterstellungen und dgl.

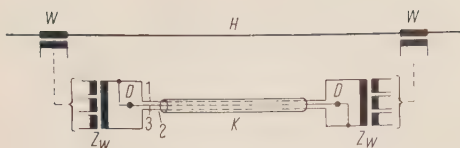
Es muß lediglich verhindert werden, daß diese Kabel und die angeschlossenen Fernmeldegeräte durch Kurzschlußströme im Hochspannungsnetz zerstört werden. Während des Kurzschlusses selbst brauchen sie jedoch nicht arbeitsfähig zu sein. Für diese Adern genügen deshalb verhältnismäßig einfache Schutzmaßnahmen, z.B. die Erdung während eines Netzkurzschlusses über Glimmstrecken oder über Drosseln der Ringübertragung mit Mittelanzapfung.

Ganz anders sind die Anforderungen an die zweite Gruppe von Kabeln, die Teile des Netzschutzes sind. Da man mit ihrer Hilfe während eines Hochspannungskurzschlusses die fehlerhaften Anlagenteile schnell herausfinden und abschalten will, müssen diese Kabel auch dann voll betriebsfähig bleiben, wenn bei einem Hochspannungskurzschluß sehr große Ströme über Erde fließen. Die Störspannungen, die durch solche Ströme in den Adern induziert werden können, müssen genügend klein bleiben, damit das Nutzsignal unter keinen Umständen gefälscht wird.

Anlagen, bei denen der Kurzschlußschutz mit Hilfskabelverbindungen arbeitet, sind besonders die Differentialschutzeinrichtungen von Transformatoren, Blockschaltungen von Transformatoren mit unmittelbar (ohne Schalter) angeschlossenen Kabelstrecken sowie Kabel- und Freileitungsstrecken bis zu mittleren Entfernungen. Zum Schutz städtischer Versorgungsnetze werden solche Anlagen bevorzugt.

Man vergleicht dabei über Stromwandler und Hilfskabel die in die Hochspannungsanlage eingespeisten Ströme mit den gleichzeitig abfließenden Strömen. Bei einem Fehler im Hochspannungsteil stimmen die Hilfsstromwerte nicht mehr miteinander überein, und die Anlage wird durch die Differenzströme (daher der Name Differentialschutz) abgeschaltet (Bild 1).

Die hier am Beispiel des Differentialschutzes erörterten Anforderungen an die Störsicherheit der Hilfskabel gelten auch für die zahlreichen anderen Selektivschutzverfahren, die mit Hilfsleitungen arbeiten, z.B. die verschiedenen Signalvergleichssysteme, Mitnahmeschaltungen usw. Bei Transformatoren mit anschließendem Kabel braucht man eine Schnellabschaltung des entfernten Schalters.



- H Hochspannungsleitung
W' Stromwandler
Z_w Dreiphasiger Zwischenwandler, formt Wandlerströme in sehr kleine Ströme über das Hilfskabel um
D Differentialrelais
K Hilfskabel

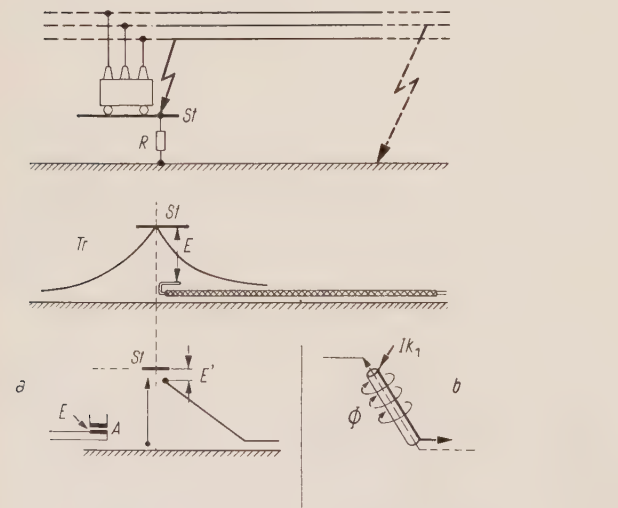
Bei ungestörtem Betrieb kreist Hilfsstrom nur in den Adern 1 und 2, die Brückenader 3 ist stromlos. Beim Kurzschluß im Hochspannungskabel fließt Strom über Ader 3, und die Differentialrelais D an beiden Leitungsenden schalten ab.

Bild 1 Leitungsdifferentialschutz mit Hilfskabel

Die Hilfskabel für alle diese Selektivschutzanlagen müssen deshalb in bezug auf ihre eigene Sicherheit ganz anders behandelt werden als die erwähnten Fernmeldekabel.

Hilfskabel werden hauptsächlich durch hohe Kurzschlußströme über Erde gefährdet [1 bis 7]. Diese entstehen in gelöschten Netzen oder Netzen mit hohem Widerstand gegen Erde nur bei Doppelerdschluß, in starr geerdeten Netzen dagegen bei allen Erdfehlern.

Für die Gefährdung der Kabel gibt es zwei Möglichkeiten. Die erste besteht darin, daß der Übergangswiderstand der Stationserde zu hoch ist.



- R Zusammengefaßter Widerstand der Station gegen ferne Erde
Tr Spannungstrichter
St Potential der Station gegen ferne Erde, um die Höhe E des Spannungstrichters anzuzeigen
A Isolierübertrager
E' Restspannung zwischen der Kabelader und dem Stationspotential ($E' = \int I_k R_k dx$, wobei R_k bei 50 Hz praktisch der ohmsche Widerstand des Kabelmantels ist)
a Schutz der Adern und Geräte durch Isolierübertrager
b Der Kurzschlußstrom I_{k1} über den gutleitenden Mantel ruft ein Magnetfeld Φ hervor, das in der Ader einen Potentialanstieg fast bis zur Stationsspannung St erzeugt

Bild 2 Gefährdung von Hilfskabeln durch den Spannungstrichter bei zu hohem Erdwiderstand der Anlage

In der in Bild 2 dargestellten Schaltung ist der zu hohe Widerstand der Stationserde in dem Widerstand R von z. B. $0,5 \Omega$ zusammengefaßt. Mit einem Erdstrom von z. B. 10 kA würde ein Spannungskegel in der Erde von $10000 \text{ A} \cdot 0,5 \Omega = 5000 \text{ V}$ entstehen. Ein Hilfskabel bringt, wie eine Sonde, aus großer Entfernung das Potential Null auf den Adern mitten in den Spannungskegel. Gewöhnlich sind die Kabeladern nur für Prüfspannungen von 2000 V isoliert. Ein solches Kabel würde dann also bereits durchschlagen.

Bauseitig muß deshalb dafür gesorgt werden, daß der Stationserdwiderstand genügend klein ist. Er muß z. B. in Anlagen mit hohen Kurzschlußströmen unter $0,2$ bis $0,05 \Omega$ liegen. Umspannwerke ohne abgehende Starkstromkabel sind hier besonders vorsichtig zu behandeln. Abgehende Starkstromkabel verbessern den Erdungswiderstand sehr.

Selektivschutz-Hilfskabel müssen auf jeden Fall genügende Isolationsfestigkeit haben, um auch hohe Spannungen zwischen Ader und Mantel ohne Schaden auszuhalten. Zum Schutz der Adern und Geräte können Isolierwandler zwischengeschaltet werden (Bild 2a). Man kann das Hilfskabel in der Nähe der Station auch mit einem besonders gut leitenden Metallmantel versehen (Bild 2b). Das Feld des auf dem Mantel abfließenden Stromes induziert in der Ader eine Spannung, die den Potentialunterschied gegen die Station bzw. zwischen Adern und Kabelmantel vermindert.

Da im Gegensatz zu den Selektivschutzadern die Fernmeldeadern während des Hochspannungskurzschlusses nicht zu arbeiten brauchen, kommt man, wie schon erwähnt, bei ihnen meistens mit sehr viel einfacheren Schutzmaßnahmen aus.

Glimmableiter sind für die Schutzadern auf keinen Fall zulässig, da man damit die Meßströme und Schutzsignale ebenfalls kurzschließen würde. Das ganze Schutzsystem würde dadurch unwirksam. Ferner darf man bei hohen Beanspruchungen keinesfalls Fernmeldeadern mit Erdung über Glimmstrecken und von Erde freie Selektivschutzadern im gleichen Kabel verwenden. Je nach den Verhältnissen erhält die durch Glimmstrecken abgeschlossene Ader nach dem Ansprechen der Glimmstrecken ein sehr unterschiedliches Potential gegen die freien Adern. Eine hohe Isolation der Adern gegen Erde nutzt hier also nichts, da sie durch die gezündeten Glimmstrecken überbrückt ist.

Die zweite Gefährdung von Hilfskabeln tritt ein, wenn Starkstromleitungen mit den Hilfsleitungen parallel laufen und starke Kurzschlußströme über Leitung und Erde auftreten (Bild 3). Das Magnetfeld des Kurzschlußstromes umfaßt dabei auch das Hilfskabel und erzeugt in ihm in der Längsrichtung der Adern eine Spannung, die »Längsspannung«. Sie ist dem Kurzschlußstrom und der Länge der Parallelführung proportional und kann mehrere Tausend Volt betragen.

Da die für den Differentialschutz benutzten Adern frei von Erde sein sollen, verteilt sich bei gleichmäßiger Beeinflussung des Hilfskabels über seine gesamte Länge (Parallelführung von Hochspannungsleitung und Hilfskabel) das Potential symmetrisch gegen Erde. Wenn jedoch das Hilfskabel z.B. auf einer Seite über die Beeinflussungslänge hinaus weitergeführt ist (Bild 4), so ist der Verlauf des Potentials unsymmetrisch. Die größere Kapazität des unbeeinflussten längeren Endes verringert hier das Potential und läßt es dafür am anderen Ende ansteigen, so daß dort u.U. fast die volle Längsspannung gegen Erde auftreten kann.

Die Längsspannung vermindert sich, wenn zu der Hochspannungsleitung und dem Hilfskabel noch andere gute Leiter parallel liegen. In solchen Leitern werden Ströme induziert, die das induzierende Feld schwächen. Sie

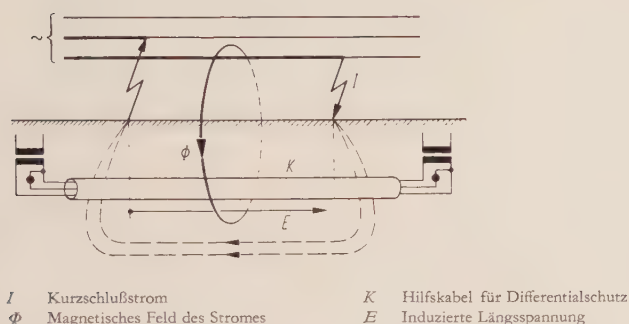
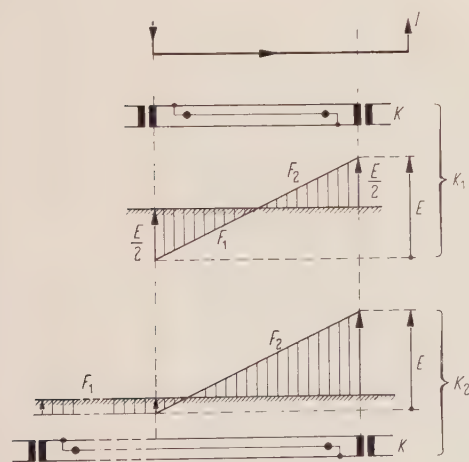


Bild 3 Durch Erdkurzschlußstrom induzierte Längsspannung im Hilfskabel



- I Kurzschlußstrom
 K_1 Hilfskabel K wird gleichmäßig auf ganzer Länge induziert, maximal halbe Spannung gegen Erde
 K_2 Hilfskabel ist links länger als Beeinflussungstrecke, rechts liegt maximal fast volle Spannung gegen Erde

Die Flächen F_1 und F_2 über und unter Potential Null entsprechen dem Produkt aus Leitungslänge und Spannung am Ort gegen Erde; sie sind bei erdfreiem Kabel immer gleich. Die Ladungsmenge Q ist proportional $\int E x dx$

Bild 4 Spannungsbeanspruchung des Hilfskabels gegen Erde durch Längsspannung

schirmen wie Kurzschlußbringe das erregende Feld durch Gegenamperewindungen ab.

Im Zentrum von Großstädten befindet man sich infolge der vielen parallelen Kabel aller Art, der Wasser- und Gasleitungen usw. mit der Netzschutzanlage gewissermaßen auf einer schützenden Metallplatte. Man kann bei überschläglichen Rechnungen annehmen, daß innerhalb des Zentrums einer Großstadt die induzierte Spannung auf etwa den fünften Teil (20%) des Wertes sinkt, der sich ohne kompensierende parallele Leiter einstellen würde. Für mittelmäßig bebaute Gebiete kann man zunächst mit etwa 50% des vollen Wertes rechnen, wogegen man am Stadtrand und im freien Feld ohne schützende Parallelkabel usw. den vollen Betrag der Längsspannung ansetzen muß. Um genaue, sichere Werte zu erhalten, müssen die einzelnen Parallelführungen in Ansatz gebracht oder Messungen ausgeführt werden.

Spannungen auf den Adern der Hilfskabel lassen sich auch durch besonders gut leitende Mäntel und Spezialbewehrung vermindern, jedoch erhöhen solche Maßnahmen die Kosten.

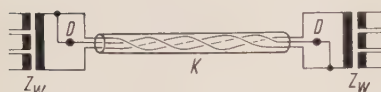
Wenn man derartige Anlagen rechnerisch und durch Messungen untersucht, ergibt sich meistens, daß bei den heute möglichen Kurzschlußströmen die 500-V-Prüfspannung der Fernmeldeadern für Selektivschutzadern nicht ausreicht, weil keine Glimmableiter und dgl. eingebaut werden dürfen. Damit scheiden im allgemeinen alle normalen Fernmeldekabel zur Verwendung in Schutzsystemen aus, sofern nicht eine sehr sorgfältige Nachprüfung genügend kleine Beeinflussungswerte ergibt.

Man hat deshalb, besonders auf kürzeren Strecken, die sogenannten Steuerkabel der Starkstromtechnik benutzt, die meistens für eine Betriebsspannung von 1 kV und eine Prüfspannung von mehreren Kilovolt ausgelegt sind. Diese Kabel sind für Differentialschutzanlagen verwendbar und reichen mit ihren elektrischen Eigenschaften für kürzere Strecken vollkommen aus. Allerdings ist die Erdsymmetrie, d.h. die Symmetrie dieser nicht verdrehten Adern gegen Erde, viel geringer als bei Fernmeldeadern. Dies bedeutet in der Praxis, daß die induzierten Spannungen zwischen Adern und Erde nicht gleich groß sind. Die Unterschiede können bis zu mehreren Prozent betragen. Bei normalen Fernmeldeadern liegen die Unterschiede in der Größenordnung von Promille, sind also sehr viel geringer.

Diese Unterschiede in der Längsspannung werden »Querspannungen« genannt. Sie können in den Differentialschaltungen Kreisströme verursachen, die je nach der Schaltung das Meßergebnis des Schutzes mehr oder weniger fälschen. Beim Transformatorschutz muß man über die Adern auch Auslösebefehle übertragen. Störspannungen in den Auslöseleitungen sind besonders gefährlich.

Aus diesen Schwierigkeiten entstand der Wunsch, ein Kabel für Schutzzwecke zu entwickeln, das in bezug auf die Symmetrierung der Längsspannung die Qualität der Fernmeldekabel erreicht, außerdem aber eine viel höhere Spannungsfestigkeit hat.

Für Differentialschaltungen werden Kabel mit drei Hilfsadern bevorzugt, weil diese Anordnung die gleichzeitige



Z_W Zwischenwandler
 D Differentialrelais
 K Hilfskabel

Infolge der Verdrehung der drei jeweils zu einem Differentialsystem gehörigen Adern sind die induzierten Längsspannungen in den Adern genau gleich. Es bestehen zwischen den Adern keine Spannungsdifferenzen (Querspannungen) und somit keine fehlerhaften Kreisströme über die Brückenleitung.

Bild 5 Differentialschutz mit verdrehten Adern

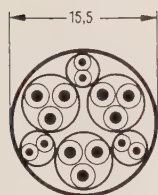


Bild 6 Aufbau des Differentialschutz-Hilfskabels (Erläuterungen im Text)

Schnellabschaltung der Schalter an beiden Enden der Leitung unter allen Umständen zwangsläufig gewährleistet (s. Bild 1). Mit zweiadrigen Systemen lassen sich im allgemeinen nur einspeisende Enden abschalten.

Aus diesen Gründen wurde ein Kabel geschaffen, bei dem jeweils drei Adern ($1,4 \text{ mm } \varnothing \approx 1,5 \text{ mm}^2$) miteinander verdreht sind, so daß eine sehr hohe Symmetrie gegen Erde erreicht wird und nur bedeutungslose Unterschiede zwischen den induzierten Längsspannungen auf den einzelnen Adern auftreten können (Bilder 5 und 6). Im Schutzgerät und in den Befehlsleitungen können also keine unerwünschten Kreisströme auftreten, die ein Fehlansprechen veranlassen könnten. Um die nötigen Reserven zu haben, sind drei derartige Dreiersysteme im Kabel enthalten. Ein Hilfskabel reicht also für drei Starkstromkabel aus. In die drei äußeren Zwickelräume hat man noch drei verdrehte Doppeladern ($0,8 \text{ mm } \varnothing$) für Steuer- und Meßzwecke eingebracht. Das Kabel enthält also neun Adern mit $1,4 \text{ mm } \varnothing$ und sechs Adern mit $0,8 \text{ mm } \varnothing$. Die Prüfspannung der Adern gegeneinander beträgt 8 kV . Das ganze Bündel ist durch den äußeren Mantel ebenfalls für 8 kV Prüfspannung gegen Erde isoliert.

Das Differentialschutz-Hilfskabel, in dem die Eigenschaften der guten Symmetrie wie bei Fernmeldeadern mit der

in Starkstromanlagen üblichen hohen Isolation vereint sind, wird praktisch allen in derartigen Anlagen auftretenden Anforderungen gerecht.

Da alle Differentialrelais als Starkstromrelais für die Prüfspannung von 2 kV ausgelegt sind, kann man bei kürzeren Entfernungen und bei mäßiger Beeinflussung Relais und Hilfskabel unmittelbar miteinander verbinden; dies gilt auch für Einrichtungen zur Fernausschaltung und Schnellbefehlsübertragung. Bei höheren Längsspannungen werden die Differentialrelais über besondere Differentialschutz-Abschlußwandler für 7 kV Prüfspannung angeschlossen. Für die Steuerungen genügen Telefonübertrager entsprechender Prüfspannung.

Die zu den Kabeln gehörigen Relais bilden eine Gruppe von Differentialschutzeinrichtungen, die den verschiedenen Reichweiten und Arbeitsbedingungen besonders angepaßt sind. Es ist verständlich, daß die Differentialrelais für Transformatoren und für die Blockschaltungen von Transformatoren und Leitungen umfangreicher sein müssen als der eigentliche Kabelschutz.

Beim Kabelschutz kann man für mäßige Reichweiten jeweils einfachere Anordnungen verwenden als für große Entfernungen.

Für den Kabel- und Leitungsschutz werden derartige Relais in drei Ausführungen gebaut. Die Bilder 7 und 8 zeigen zwei Geräte aus dieser Reihe. Für alle Differentialrelais sind geeignete Abschlußübertrager für 7 kV erhältlich. Außerdem gibt es für alle Systeme Überwa-



Bild 7 Leitungsdifferentialschutz RN 27 für zwei Adern mit Widerständen bis 1000Ω je Ader



Bild 8 Leitungsdifferentialschutz RN 25 für drei Adern mit Widerständen bis 200 Ω je Ader

chungseinrichtungen für die Adern sehr wichtiger Übertragungssysteme.

Hilfskabel für den Netzschutz werden normalerweise ohne Bewehrung geliefert. In elektrischer Beziehung genügen sie bei fast allen Anlagen. Gegen mechanische Beschädigung müssen die Kabel durch Abdecken mit Steinen oder dgl. geschützt werden. Auf Wunsch werden

aber auch Hilfskabel mit Metallbewehrung hergestellt. Sie können auch als freitragendes Luftkabel zum Aufhängen an Hochspannungsmasten ausgeführt werden.

Wie schon eingangs erwähnt, empfiehlt es sich, vor dem Bau einer Hochspannungsanlage alle Fragen bezüglich der zu verlegenden Hilfskabel zu klären und die Wünsche der Nachrichtenabteilungen und der für den Schutz Verantwortlichen innerhalb des Energie-Versorgungs-Unternehmens aufeinander abzustimmen.

Wenn viele Nachrichtenkanäle benötigt werden, kann man entweder besondere Fernmeldekabel verlegen oder Spezialkabel verwenden, bei denen z.B. 20 mit Schutz-erdung betriebene Adernpaare für den Fernmeldeverkehr um einen Kern aus hochisolierten Selektivschutzadern, die erdfrei bleiben, verseilt werden.

Normalerweise wird man jedoch aus wirtschaftlichen Gründen die Fernmeldekabel und die Schutzkabel getrennt ausführen, zumal oft die Wege der Hauptnachrichtenbündel anders laufen müssen als die der Schutzkabel.

Schrifttum

- [1] Pollaczek, F.: Über die Induktionswirkung einer Wechselstrom-einfachleitung. Elektr. Nachrichten-Techn. **3** (1927) H. 4
- [2] Lindström, A.: Gegeninduktivität zwischen Leitungen mit Erdrückleitung. Elektr. Bahnen **3** (1927) H. 4
- [3] Wild, W.: Der Doppelerdschlußstrom in Drehstromkabeln und seine Einwirkung auf benachbarte Fernmeldekabel. Wissenschaftliche Veröffentlichungen aus dem Siemens-Konzern **10** (1931) S. 51
- [4] Erbacher, W.: Statistische Beurteilung der Häufigkeit und Größe induktiver Beeinflussungen von Fernmelde-Leitungen durch Hochspannungsleitungen. Österr. Z. Elektr.-Wirtsch. **13** (1960) 1 bis 9
- [5] Klewe, H. R. J.: Interference between power system and telecommunication lines. Edward Arnold Ltd., London 1958
- [6] Buckel, R.: Die Beeinflussung von Fernmeldeanlagen bei 16 $\frac{2}{3}$ und 50 Hz. Elektr. Bahnen **24** (1953) 288 bis 291
- [7] Simon, P.: Schutz von Nachrichtenkabeln in stark induktiv beeinflussten Gebieten. Frequenz **10** (1957) 82 bis 86

Das selektive Verhalten der neuen NH-Sicherungen R 1240

VON THEO SCHMELCHER

In der letzten Zeit wurde die Entwicklung der Niederspannungs-Hochleistungs-Sicherungen (NH-Sicherungen) Baureihe R 1240 (Bild 1) zum Abschluß gebracht. Über den Aufbau, die Wirkungsweise und die kennzeichnenden Eigenschaften dieser NH-Sicherungen wurde bereits ausführlich berichtet¹⁾. Bemerkenswert ist der Verlauf der Strom-Zeit-Kennlinie und das überstromträge und kurzschlußflinke Verhalten. Während die

Sicherungen im Überlastgebiet die hier vorteilhafte Elastizität gegenüber betriebsmäßig auftretenden Stromstößen aufweisen, schalten sie Kurzschlußströme vom achtfachen Nennstrom der Sicherung an rasch ab und begrenzen höhere Kurzschlußströme schon frühzeitig. Eine besondere Eigenschaft der neuen NH-Sicherung ist ihr außerordentlich hohes Schaltvermögen; es überschreitet für alle Nennstromstärken bis 600 A sowie bei allen Betriebsspannungen bis 500 V bei 50 Hz den effektiven Wert von 100 kA.

1) Johann, H. H.: NH-Sicherungen für erhöhte Anforderungen – Probleme und Ergebnisse der Weiterentwicklung. Siemens-Zeitschrift **34** (1960) 477 bis 484

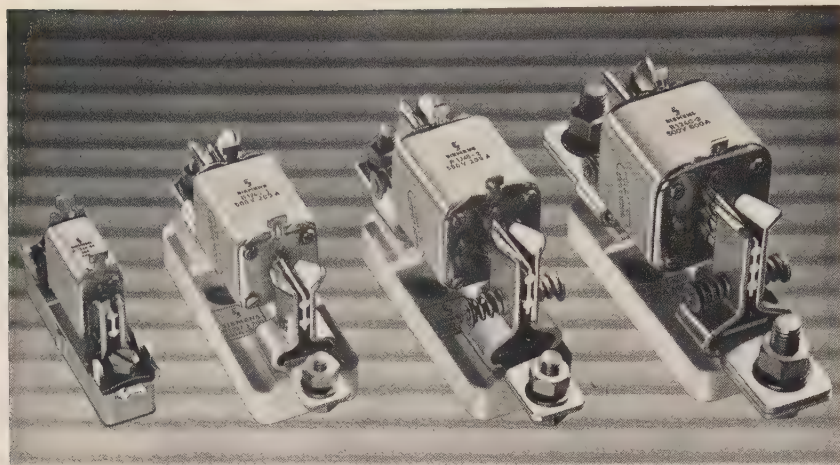


Bild 1 Neue NH-Sicherungen Reihe R 1240

Außerdem bieten die neuen NH-Sicherungen infolge der erheblich verbesserten Löscheigenschaften wesentliche Vorteile für die selektive Staffelung. Darüber wird im folgenden berichtet.

Selektivität in Reihe liegender NH-Sicherungen

Bei in Reihe liegenden Sicherungen wird die vorgeschaltete Sicherung für einen höheren Nennstrom I_N bemessen, da sie den Summenstrom aller nachfolgenden Abgänge betriebsmäßig zu führen hat (Bild 2). Im Fall eines Kurzschlusses werden jedoch beide Sicherungen vom gleichen Kurzschlußstrom I_K durchflossen. Dabei muß die der Fehlerstelle nächstliegende (kleinere) Sicherung abschalten, wogegen der Schmelzleiter der davor liegenden (größeren) Sicherung den Schmelzpunkt nicht erreichen darf. Im Überstrombereich und bei mäßigen Kurzschlußströmen läßt sich die Möglichkeit der selektiven Staffelung ohne Schwierigkeiten anhand der Strom-Zeit-Kennlinien prüfen. Wegen der zweckmäßigen Abstufung der Kennlinien und aufgrund der Einhaltung geringer Abschmelztoleranzen arbeiten NH-Sicherungen der Reihe R 1240 ohnehin selektiv miteinander, wenn sich ihre Schmelzzeiten um 100 ms unterscheiden. Hierbei ist die Löszeit der nachgeordneten kleineren Sicherung berücksichtigt. Praktisch bedeutet dies, daß in dem genannten Bereich alle aufeinanderfolgenden Nennstromstärken selektiv sind.

Bei sehr großen Kurzschlußströmen genügen die Kennlinien der Schmelzzeiten allein nicht mehr zur Beurteilung des selektiven Verhaltens. In diesem Strombereich begrenzen die Sicherungen den sonst zu erwartenden Stromscheitelwert, da die Schmelzzeiten kürzer als eine Viertelperiode werden. Während dieser sehr kurzen Schmelzzeit kann an der Engstelle des Schmelzleiters

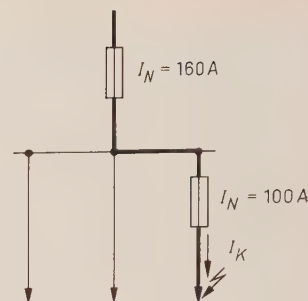
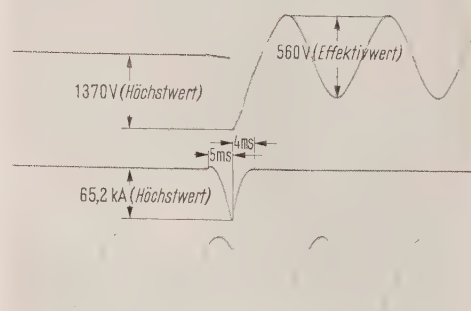


Bild 2 Selektive Staffelung in Reihe liegender NH-Sicherungen R 1240 mit einem Nennstromunterschied von 1:1,6 bei höchsten Kurzschlußströmen

noch kein wesentlicher Wärmeausgleich stattfinden. In diesem Fall führt ein spezifischer, von der Stromdichte und der Zeitdauer abhängiger Wärmestoß zum Durchschmelzen einer Sicherung. Der Wärmewert $\int_{it} i^2 dt$ ist eine der Schmelzleiterenge eigentümliche Kenngröße.

Grundsätzlich sind zwei in Reihe liegende Sicherungen dann selektiv, wenn der Wärmestoß, den der Strom i während der Schmelz- und Löszeit der kleineren Sicherung verursacht, kleiner ist als der Wärmestoß, mit dem der gleiche Strom i die größere Sicherung zum Durchschmelzen bringen würde.

Bei den NH-Sicherungen der Baureihe R 1240 wurde der ZÜNDSTEG* weiterentwickelt und zum Zündgitter vervollkommen. In Verbindung mit Engstellen in Doppelkeilform konnte eine Potentialsteuerung erreicht werden, die zu einer äußerst raschen Verminderung des



Schmelzzeit 5 ms, Löszeit 4 ms

Bild 3 Oszillogramm von der Abschaltung eines Kurzschlusses von 69 kA (Effektivwert) bei 560 V, 50 Hz, $\cos \varphi = 0,1$, durch eine 600-A-Sicherung R 1240

* Eingetragenes Warenzeichen

Lichtbogenstromes und damit zu einem verhältnismäßig geringen Wärmestoß während der Löschezit führt. Bild 3 zeigt das Oszillogramm einer Kurzschlußabschaltung von 69 kA (Effektivwert) durch eine 600-A-Sicherung der Reihe R 1240.

Der Wärmestoß während der Löschezit ist bei zwei- und dreipoliger Ausschaltung und einer treibenden Spannung von 500 V nur etwa halb so groß wie der Wärmestoß während der Schmelzzeit. Damit ist jetzt eine besonders enge Staffelung möglich. Die neuen NH-Sicherungen sind daher auch bei höchsten Kurzschlußströmen selektiv, wenn sich ihre Nennströme etwa um den Faktor 1,6 unterscheiden. Hierbei ist auch der Einfluß einer möglichen Vorbelastung der vorgeschalteten Sicherung berücksichtigt.

Selektivität zwischen NH-Sicherungen im Maschennetz

In Maschennetz-Knotenpunkten sind NH-Sicherungen gleicher Nennstromstärke eingebaut. Bei einer Störung in einem der Maschennetz-kabel werden sie jedoch von verschiedenen Kurzschlußströmen durchflossen, wobei sich die Höhe der Zubringerströme nach den Widerständen der Stromwege richtet (Bild 4).

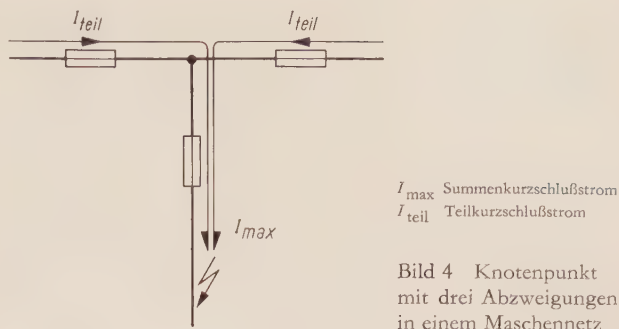
Selektivität ist gegeben, wenn diejenige Sicherung abschaltet, über die der gesamte Kurzschlußstrom I_{\max} fließt, während die übrigen mit den Teilkurzschlußströmen I_{teil} belasteten Sicherungen des Knotenpunktes betriebsbereit bleiben. Je mehr sich der größte Strom I_{teil} dem gesamten Kurzschlußstrom I_{\max} angleicht, um so größer ist die Gefahr eines stufenweise fortschreitenden Auftrennens des Netzes. Das zulässige Stromverhältnis I_{teil}/I_{\max} gilt daher als wichtiges Merkmal von NH-Sicherungen im Maschennetz.

Wie bei den in Reihe liegenden Sicherungen muß auch hier berücksichtigt werden, daß die mit Teilströmen beaufschlagten Sicherungen möglicherweise noch während der Löschezit der abschaltenden Sicherung erheblich weiter erhitzt werden.

Da in einem Maschennetz-Knotenpunkt NH-Sicherungen gleicher Nennstromstärke und gleicher Charakteristik eingesetzt werden, sind auch die Querschnitte der Schmelzleiter und die Wärmewerte gleich. Dies bewirkt aber, daß bei allen Knotenpunktsicherungen der gleiche Wärmestoß zum Abschmelzen führt. Knotenpunktsicherungen sind dann selektiv, wenn der Wärmestoß, den der höchstzulässige Teilstrom αi in der nichtabschaltenden Sicherung während der Schmelzzeit t_s und der Löschezit t_l der abschaltenden Sicherung aufbringt, kleiner ist als der Wärmestoß, mit dem der Summenkurzschlußstrom i eine solche Sicherung zum Durchschmelzen bringt:

$$\int_{t_g} (\alpha i)^2 dt < \int_{t_s} i^2 dt$$

wobei $t_g = t_s + t_l$ ist.



Würde der Abschaltstrom (im ungünstigsten Schalt Augenblick) während der Löschezit etwa den gleichen Wärmewert wie während der Schmelzzeit entwickeln, so könnte der höchstzulässige Teilstrom 70% des Summenstromes betragen. Dieses Verhältnis entspricht dem bisherigen Stand der Technik²⁾.

Der Wärmewert der NH-Sicherungen der Reihe R 1240 ist während der Löschezit nur etwa halb so groß wie während der Schmelzzeit. Der Wert α darf daher entsprechend Bild 5 bis zu 0,8 betragen, d.h., der höchstzulässige Teilstrom αi darf bis zu 80% des Summen-

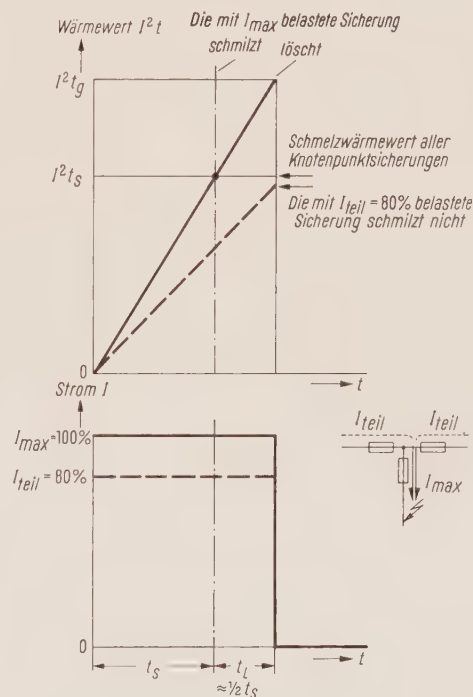


Bild 5 Selektives Verhalten von NH-Sicherungen im Knotenpunkt eines Maschennetzes; Verlauf des Stromes $I = I_{\text{eff}} = \sqrt{\frac{1}{t} \int i^2 dt}$ und des von ihm erzeugten Wärmewertes $I^2 t$ während der Schmelzzeit t_s und während der Löschezit t_l der mit I_{\max} belasteten Sicherung

2) Schmelcher, Th.: Selektivität in Niederspannungsnetzen. Siemens-Zeitschrift 31 (1957) 207 bis 216

stromes erreichen. Dieser aufgrund theoretischer Überlegungen ermittelte Wert ist durch Versuche bestätigt und in der Praxis erprobt worden. Der durch die NH-Sicherungen R 1240 erreichbare zulässige Teilstrom von 80% bietet den Vorteil der gesteigerten Betriebssicherheit.

Selektivität zwischen NH- und HH-Sicherungen

In Netzen mit NH- und HH-Sicherungen wird – im Gegensatz zu hintereinanderliegenden NH-Sicherungen – das selektive Verhalten von Sicherungsarten gefordert, deren Aufgaben, Kenndaten und Eigenschaften verschieden sind. NH-Sicherungen sind träg, HH-Sicherungen dagegen ausgeprägt flink. Der Nennstrom der HH-Sicherungen wird mit Rücksicht auf den Einschaltstromstoß auf ein Vielfaches (etwa das Zwei- bis Sechsfache) des Transformator-Nennstromes festgelegt, der Nennstrom der NH-Sicherungen dagegen auf den Nennstrom des Transformators ausgerichtet.

NH- und HH-Sicherungen verhalten sich unter der gleichen Voraussetzung selektiv wie in Reihe liegende NH-Sicherungen: Der Wärmestoß, den der Strom i während der Schmelz- und Löschzeit der NH-Sicherung verursacht, muß kleiner sein als der Wärmestoß, mit dem der gleiche Strom i die HH-Sicherung zum Durchschmelzen bringen würde, wenn man ihre Strom-Zeit-Kennlinie auf die Niederspannungsseite (t'_s) bezieht. Es

$$\text{gilt also: } \left| \int_{t_g} i^2 dt \right|_{NH} < \left| \int_{t'_s} i^2 dt \right|_{HH}$$

Praktisch genügt der Vergleich der Kennlinien. Selektivität ist dann gegeben, wenn die Gesamtausschaltzeit der NH-Sicherung mit aller Sicherheit unter der auf die Niederspannungsseite bezogenen Schmelzzeitkennlinie oder dem Streuband der HH-Sicherung liegt.

Bei den bisher gebräuchlichen NH-Sicherungen mit auch im Kurzschlußbereich tragem Kennlinienverlauf mußte man beachten, daß die steile Kennlinie der HH-Sicherung sich mit höherem Strom derjenigen der NH-Sicherung immer mehr nähert (Bild 6). Bei der neuen NH-Sicherung R 1240 verläuft demgegenüber die Kennlinie im Kurzschlußbereich steiler als die der HH-Sicherung.

Kurzschlußflinkheit und sehr kurze Löschzeiten ermöglichen jetzt eine enge Staffellung zwischen den neuen NH-Sicherungen und HH-Sicherungen. Die HH-Sicherungen brauchen im allgemeinen zur selektiven Staffellung mit den neuen NH-Sicherungen nicht für höheren Nennstrom gewählt zu werden, als sie ohnehin aufgrund der Einschaltstromspitzen vorzusehen sind. So arbeitet vor einem 160-kVA-Transformator mit der Leerlaufübersetzung $\ddot{u} = 20/0,4$ kV eine NH-Sicherung für 200 A selektiv mit einer HH-Sicherung für 15 A. Die Nennstromstärke von 15 A wird bereits vom Einschaltstromstoß des Transformators bestimmt.

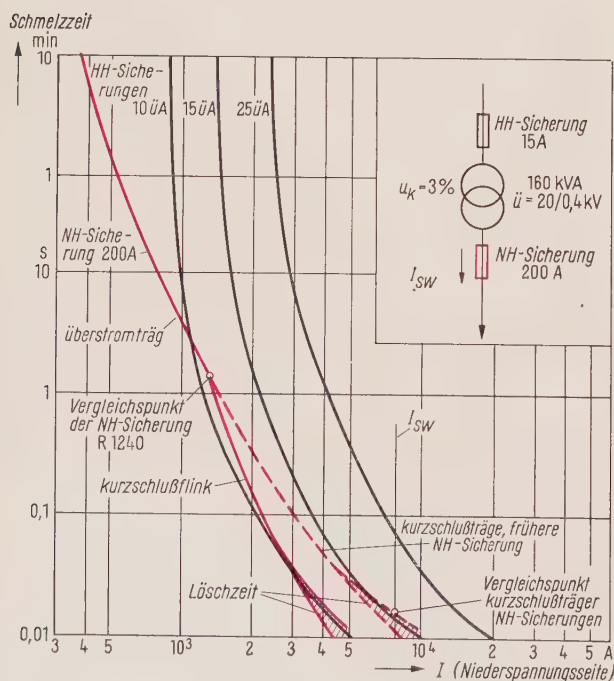
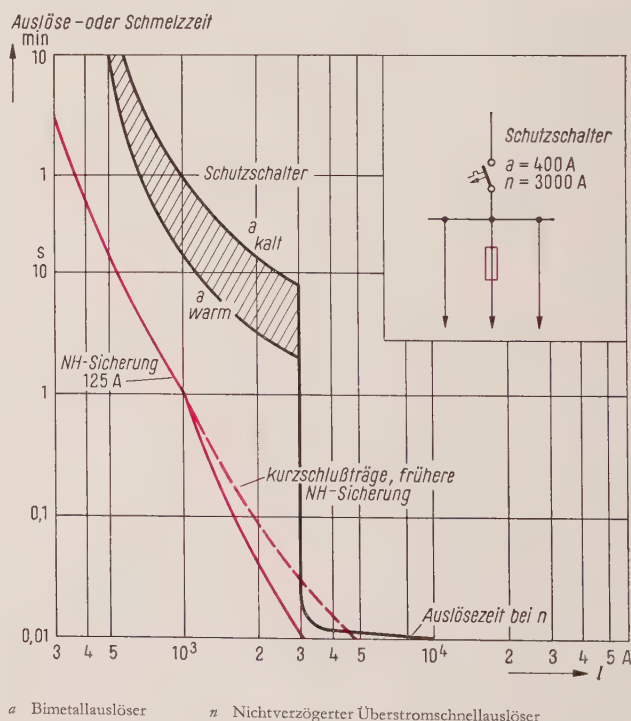


Bild 6 Selektive Staffellung zwischen NH-Sicherungen R 1240 und HH-Sicherungen



a Bimetallauslöser n Nichtverzögerter Überstromschnellauslöser

Bild 7 Beispiel zur Selektivität zwischen NH-Sicherungen R 1240 und vorgeschalteten Schutzschaltern mit nichtverzögerten Schnellauslösern

Selektivität zwischen NH-Sicherungen und vorgeschaltetem Schutzschalter

Soll zwischen einer NH-Sicherung und einem vorgeschalteten Schutzschalter Selektivität gegeben sein, so muß die Gesamtausschaltzeit der Sicherung kürzer sein als die Befehlsmindestzeit des Schutzschalters. Zur Beurteilung der Selektivität muß man die stromabhängige Charakteristik der NH-Sicherungen mit der Auslösekennlinie der Schutzschalter vergleichen.

Bild 7 zeigt die Kennlinien einer NH-Sicherung und eines Schutzschalters für 400 A Nennstrom. Da das Verhalten des thermischen Auslösers genau wie die Schmelzzeit der Sicherungen vom Wärmestoß $\int i^2 dt$ beeinflußt wird, so lassen sich aus den Kennlinien beider Schutzgeräte ohne weiteres die Selektivitätsverhältnisse im Überlastgebiet erkennen. Die Ausschaltkennlinie der Sicherung muß unterhalb der Auslösekennlinie a_{warm} des Bimetallauslösers bei Vorbelastung liegen.

Nicht so einfach ist es dagegen, im Kurzschlußgebiet Selektivität zu erzielen. Hier ist eine Abstimmung zwischen zwei verschiedenen Strom-Zeit-Kennlinien erforderlich, und zwar zwischen der thermischen Kennlinie der Sicherung und der elektromagnetischen Auslösekennlinie des Schalters. Dabei darf der von der Sicherung noch durchgelassene Strom das elektromagnetische Auslöseglied noch nicht zum Ansprechen

bringen. Das wäre der Fall, wenn der Durchlaßstrom im Anker des nichtverzögert wirkenden elektromagnetischen Auslösers keinen Impuls bewirkt, der zum Entklinken des Schaltschlusses führen könnte. Auch dieser mechanische Impuls ist proportional $\int i^2 dt$.

Wie der Vergleich mit der Auslösekennlinie eines Selbstschalters zeigt (Bild 7), bringen die NH-Sicherungen R 1240 auch hier Vorteile. Aufgrund ihres kurzschlußflinken Verhaltens in Verbindung mit zuverlässiger Strombegrenzung und schneller Löschung sind NH-Sicherungen der Reihe R 1240 auch dann noch selektiv, wenn es von den bisher gebräuchlichen NH-Sicherungen nicht mehr zu erwarten ist.

Wenn einem Schutzschalter eine NH-Sicherung mit verhältnismäßig hohem Nennstrom nachgeordnet ist, so muß der Schutzschalter mit einem magnetischem Überstromauslöser genügender Verzögerung versehen werden. Auch in diesem Fall bietet die neue NH-Sicherung Vorteile. Sie läßt bei gleichem Ansprechstrom des kurzverzögerten Auslösers erheblich geringere Verzögerungszeiten zu. Im Beispiel entsprechend Bild 8 kommt man jetzt mit etwa 150 ms aus gegenüber etwa 250 ms, die man bisher benötigte.

Zuverlässige Selektivität durch Temperaturfeldsteuerung

In der Praxis ist es von Bedeutung, daß die selektive Staffelung der NH-Sicherungen zuverlässig erhalten bleibt. Betriebsmäßige Überlastungen, die in schneller Folge kurzzeitig auftreten oder auch länger anstehen können, dürfen keine Alterungserscheinungen hervorrufen, weil sonst die Kennlinie der Sicherung nach der flinken Seite hin verschoben würde. Damit würden sich die vorgeplanten Staffelzeiten ändern, und die Selektivität würde gestört werden.

Die neuen NH-Sicherungen R 1240 haben infolge der Steuerung des metallurgischen Vorganges eine Alterungsbeständigkeit, wie sie ohne Zuhilfenahme einer empfindlichen und anfälligen Mechanik bisher noch nicht erreicht wurde. Dieses Problem wurde durch die Form der Schmelzlotbrücken und ihre Anordnung an Stellen höheren Temperaturniveaus gelöst. Dadurch wird die Einwirkung der Stromwärme auf das Weichlot bis zu dessen eutektischem Schmelzpunkt verhindert und eine besonders rasche Unterbrechung des Schmelzleiters bewirkt, sobald bei Überlast durch Überschreiten der Schmelztemperatur der Schmelzvorgang eingeleitet wurde. Das Verhältnis von Haltezeit zu Schmelzzeit konnte damit erheblich verbessert werden. Die Haltekennlinie – sie gibt die Zeit an, bis zu der der Schmelzvorgang sicher gesperrt bleibt – liegt dicht unterhalb der Schmelzzeitkennlinie. Die NH-Sicherungen R 1240 sind daher bei Überstrom elastisch ohne Alterungserscheinungen und damit selektivbeständig.

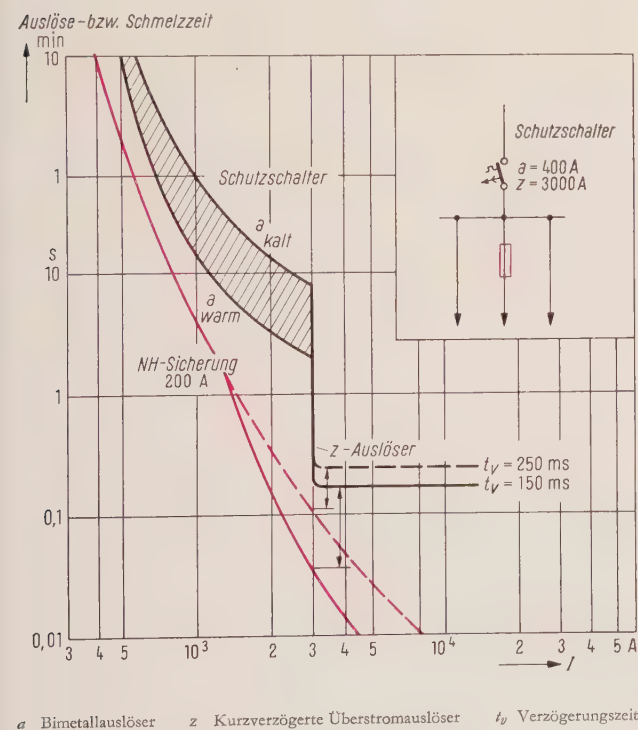


Bild 8 Beispiel zur Selektivität zwischen NH-Sicherungen R 1240 und vorgeschalteten Schutzschaltern mit kurzverzögerten Überstromauslösern

Thorierte Wolframkathoden für Senderöhren großer Leistung

VON WERNER SEIFFARTH

In den vergangenen zwei Jahrzehnten hat die thorierte Wolframkathode die früher bei Senderöhren ausschließlich verwendete reine Wolframkathode völlig verdrängt. Die Röhrenfabrik der Siemens & Halske AG hat z. B. sämtliche seit 1945 entwickelten größeren Senderöhren mit thorierten Wolframkathoden ausgerüstet.

Die thorierte Wolframkathode liefert bei wesentlich geringerer Temperatur eine bedeutend höhere Elektronenemission als die reine Wolframkathode, kann jedoch im Gegensatz zur Oxydkathode bei sehr hohen Elektrodenspannungen betrieben werden. Die hohe Elektronenemission ermöglichte eine beträchtliche Verringerung der Systemgrößen bei gleichbleibender Ausgangsleistung; die damit verbundene Verkleinerung der Systemkapazitäten machte einen breitbandigen Betrieb noch bei den höchsten Fernsehfrequenzen möglich. Die niedrige Heizleistung brachte außer der Ersparnis an Betriebskosten eine Verkürzung der für Hochfrequenz schädlichen Zuleitungslängen, eine Verringerung der gesamten Röhrentemperatur und einen schwächeren Heizstrom, so daß die magnetischen Brummstörungen geringer wurden. Die zulässigen hohen Elektrodenspannungen ermöglichen eine hohe Ausgangsleistung bei gutem Wirkungsgrad.

Der Emissionsmechanismus und das Betriebsverhalten der thorierten Wolframkathode unterscheiden sich in vielen Punkten von dem Verhalten der Oxydkathoden und der reinen Metallkathoden.

Aus diesem Grund, und weil im deutschsprachigen Schrifttum nur wenig über die thorierte Wolframkathode – in den folgenden Ausführungen kurz »Th-W-Kathode« genannt – berichtet wird, erschien es sinnvoll, diese Kathodenart aus der Sicht des Herstellers zu behandeln.

Technik der Th-W-Kathode

Historische Entwicklung

IRVING LANGMUIR beobachtete 1914 bei Glühlampendrähten aus Wolfram, denen man 1% Thoriumoxyd beigemischt hatte, unter besonderen Betriebsbedingungen eine starke Erhöhung der Elektronenemission. In den folgenden Jahren wurde diese Erscheinung von ihm untersucht und 1923 beschrieben [1]. Die zu dieser Zeit mit Th-W-Kathoden hergestellten Röhren waren jedoch nur für besondere Zwecke, z. B. als Elektrometerröhren,

brauchbar. Dies rührte daher, daß die Kathodenemission noch nicht stabil genug war, um den Anforderungen der Senderöhrentechnik zu genügen. Durch die Einführung der noch näher beschriebenen »Karbürung« der Wolframdrähte sowie durch Verbesserung der Pump- und Gettertechnik konnten dann nach 1940 Th-W-Kathoden auch in Senderöhren sehr großer Leistung verwendet werden. Eine der ersten großen mit einer thorierten Wolframkathode ausgerüsteten Röhren war in Europa die Siemens-Senderöhre RS 566, die bei einer Anodengleichspannung von 15 kV eine Nutzleistung von 150 kW lieferte. Später wurde dann eine ganze Serie von Senderöhren großer Leistung entwickelt, die alle mit Th-W-Kathoden ausgerüstet wurden. Einige dieser Röhren können bis zu 1000 MHz betrieben werden.

Emissionsmechanismus der Th-W-Kathode

Das für Th-W-Kathoden benötigte Draht- oder Blechmaterial wird auf pulvermetallurgischem Wege hergestellt, ganz ähnlich dem Herstellverfahren von reinem Wolframdraht. Jedoch mischt man dem als Ausgangsmaterial verwendeten Wolframpulver 1,5 bis 2% Thoriumoxyd (ThO_2) zu. Dieses Thoriumoxyd geht keine Verbindung mit dem Wolfram ein, sondern lagert sich an den Korngrenzen der Wolframkristalle in Form von kleinen Klümpchen ab.

Bild 1 zeigt den Querschliff durch einen Wolframdraht in 500facher Vergrößerung. Die Thoriumoxydverteilung ist gut zu erkennen.

Ursprünglich hatte nun LANGMUIR [1] einen kleinen Teil des Thoriumoxydes bei der ersten Inbetriebnahme der

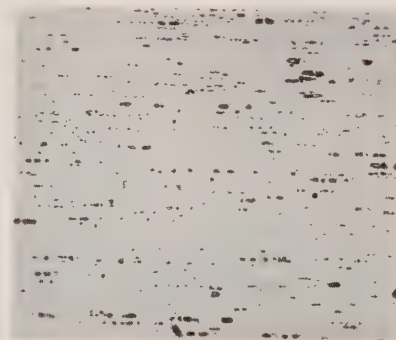


Bild 1 Thoriumoxydverteilung in einem Wolframdraht

Röhre durch kurzes Hochheizen auf 2800 °K zu metallischem Thorium reduziert. Dann hatte er die Temperatur auf 1900 bis 2000 °K gesenkt. Bei dieser Temperatur diffundiert das reduzierte, metallische Thorium aus dem Drahtinnern an den Korngrenzen des Wolframs entlang an die Oberfläche. Durch Oberflächendiffusion verteilen sich die aus den Korngrenzen »herausquellenden« Thoriumatome auf dem Draht und bilden eine zusammenhängende, einatomare Schicht. Nach der z. Z. herrschenden Vorstellung werden die Thoriumatome auf der Oberfläche des Wolframdrahtes durch Adsorptionskräfte polarisiert. Es bildet sich eine elektrische Dipolschicht, wobei die Polarität des Thoriums so ist, daß der Potentialsprung in dieser Dipolschicht die Elektronenaustrittsarbeit des Wolframs von 4,52 auf 2,67 eV verringert.

Dieser Thoriumfilm wird jedoch ständig durch Abdampfung des Thoriums, Vergiftung durch Restgase und Ionenbeschuß bei hohen Elektrodenspannungen angegriffen. Werden mehr Thoriumatome auf diese Weise verbraucht, als aus dem Inneren nachgeliefert werden, so nimmt der Thoriumbedeckungsgrad der Wolframkathode ab, die Emission sinkt. Die ursprünglich durchgeführte einmalige Reduktion von Thoriumoxyd zu Thorium bei Inbetriebnahme der Röhre reichte nur aus, um die Röhre bei extrem niedrigem Druck und bei niedrigen Anodenspannungen zu betreiben. Bei normalem Vakuum (10^{-7} bis 10^{-6} Torr) und höheren Anodenspannungen wurde die Thoriumschicht an der Drahtoberfläche schnell abgebaut, die Emission ging auf den Wert von reinem Wolfram zurück.

Karburierung von Th-W-Kathoden

Glüht man die aus einem oder mehreren Th-W-Drähten bestehende Kathode vor dem Zusammenbau der Röhre bei 2000 °K in einer Kohlenwasserstoffatmosphäre, so wird die äußere Schicht der Wolframdrähte in Wolframkarbid (W_2C) umgewandelt. Diesen Prozeß nennt man »Karburierung«. Bild 2 zeigt die Querschliffe eines unkarburierten und eines karburierten Th-W-Drahtes.

Das Wolframkarbid hat die Eigenschaft, schon bei der Betriebstemperatur von 1900 bis 2000 °K das Thoriumoxyd zu metallischem Thorium zu reduzieren. Karburierte Th-W-Kathoden haben auch bei »normalen«, d. h. nicht extrem guten Betriebsbedingungen eine stabile Emission, da ununterbrochen metallisches Thorium zum Ersatz der abgedampften, vergifteten oder durch Ionenbeschuß abgebauten Thoriumatome an die Drahtoberfläche nachgeliefert wird. Durch Einführung besserer Getter (Zirkonium, Tantal, Titanium) gelang es, auch bei den größten Senderöhren das Vakuum noch nach vielen Tausend Stunden Lebensdauer unter 10^{-6} Torr zu halten, so daß die hervorragenden Emissions- und Lebensdauereigenschaften der Th-W-Kathode voll ausgenutzt werden konnten.

Eigenschaften der karburierten Th-W-Kathoden

Elektronenemission

Bei allen Glühkathoden nimmt mit steigender Temperatur die Elektronenemission zu und die Lebensdauer ab. Die Stabilität der Elektronenemission verringert sich bei Th-W-Kathoden und bei Oxydkathoden mit sinkender Temperatur. Bei Th-W-Kathoden ist außerdem zu beachten, daß über 2100 °K die Verdampfungsgeschwindigkeit des Thoriums größer ist als seine Korngrenzen-Diffusionsgeschwindigkeit. Das bedeutet, daß oberhalb dieser Temperatur der Bedeckungsgrad der Kathode mit Thoriumatomen bei steigender Temperatur abnimmt, d. h. die Emission sich verringert. Die Betriebstemperatur der Th-W-Kathode liegt daher in verhältnismäßig engen Grenzen, nämlich zwischen 1950 °K und 2000 °K. Tafel 1 gibt einen Vergleich zwischen der Wolfram-

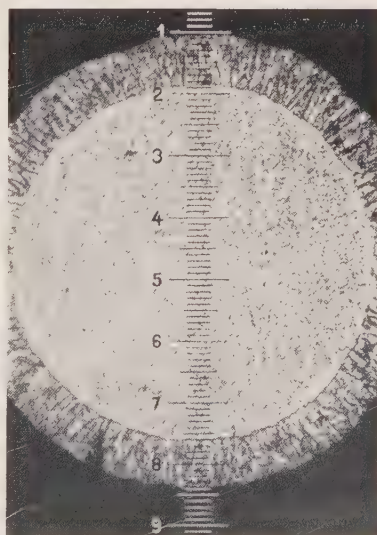
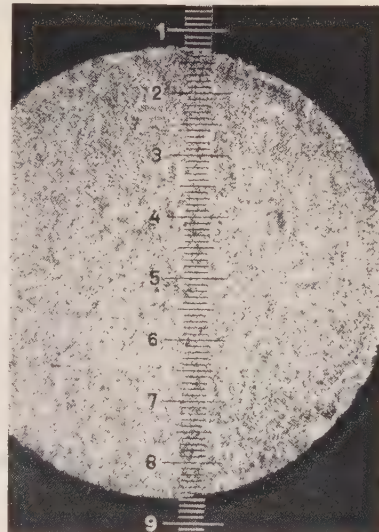


Bild 2 Oben:
Querschliff
durch einen
unkarburierten
Th-W-Draht;
unten: Querschliff
durch einen
karburierten
Th-W-Draht.
Drahtdurchmesser
0,36 mm,
Vergrößerung
200fach

	Betriebs- tempe- ratur °K	Heizleistung W/cm ²	Emission (Sättigung) A/cm ²	Emission, auf Heizleistung bezogen mA/W	Elektronen- austritts- arbeit eV
Wolfram- kathode	2600	83,8	0,72	8,6	4,52
Th-W- Kathode	2000	28 bis 30	3 bis 4	100 bis 120	2,67

Tafel 1 Vergleich einiger Kennwerte der Wolframkathode und der Th-W-Kathode

kathode und der Th-W-Kathode. Diese Gegenüberstellung läßt erkennen, daß die Th-W-Kathode bei etwa einem Drittel der Heizleistung die vierfache Emission liefert wie die W-Kathode.

Langjährige Statistiken [2] zeigen, daß außerdem die durchschnittliche Lebensdauer höher ist als die der Wolframkathode.

Allgemeine Eigenschaften

Das eingelagerte Thoriumoxyd (ThO_2) verändert die chemischen und physikalischen Eigenschaften des Wolframs so gut wie überhaupt nicht. Dagegen hat karburiert Th-W-Draht einen höheren elektrischen Widerstand als unkarburiert Th-W-Draht. Der Widerstand des Wolframkarbids ist bei Raumtemperatur 14,5mal und bei Betriebstemperatur 2,1mal so groß wie der von Wolfram. Diese Tatsache wird technisch bei der Kathodenherstellung zur Kontrolle des Karburiervorganges benutzt.

Wolframkarbid ist bedeutend brüchiger als Wolfram; aus diesem Grund wird nur ein Teil des Drahtquerschnittes – höchstens 50 % – in Karbid umgewandelt. Diese Eigenschaft muß besonders beim Transport von Röhren mit Th-W-Kathoden beachtet werden; bei Betriebstemperatur ist diese Brüchigkeit verschwunden, so daß Th-W-Kathoden genauso betrieben werden können wie reine Wolframkathoden.

Lebensdauer der Th-W-Kathode

Ursachen für einen Emissionsrückgang

Allgemein verliert eine Th-W-Kathode immer dann ihre Emission, wenn der Thoriumfilm von der Wolframoberfläche verschwindet. Hierfür können die verschiedensten Gründe maßgebend sein. Bei Unterheizung z. B. diffundiert weniger Thorium an die Drahtoberfläche als an der Oberfläche abgebaut wird. Hat man diesen Fehler

festgestellt, so genügt es, die Kathode etwa eine Stunde lang 10 % über Nennheizung zu betreiben, um den normalen Aktivierungszustand wieder herzustellen. Eine Verschlechterung des Vakuums durch starke Überlastung der Röhre kann ebenfalls zu einem Emissionsrückgang führen; hierbei hilft oft eine mehrstündige 10%ige Überheizung bei gleichzeitigem Senken der Betriebswerte unter den Normalwert. Ein Verbrauch des im Draht vorhandenen Thoriumoxydes kann während der normalen Lebensdauer der Röhre nicht eintreten. Bei der Betriebstemperatur von 2000 °K beträgt die Verdampfungsgeschwindigkeit des Thoriums von einer Wolframfläche $7 \cdot 10^{-12} \text{ g/cm}^2 \text{ s}$ [3]. Bei vollständiger Reduktion des Thoriumoxydes zu Thorium würde ein Gehalt von

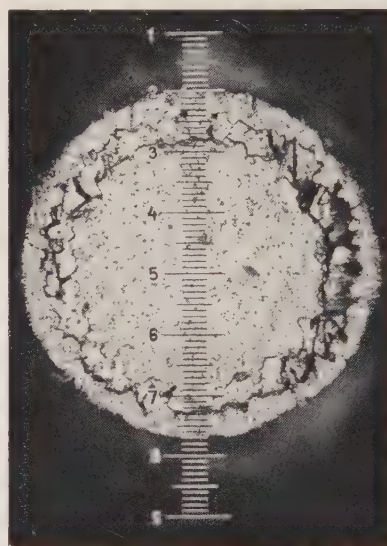


Bild 3
Querschnitt
durch einen
unter starkem
Restgasangriff
abgebauten
Th-W-Draht

1,8% ThO_2 bei einem 0,2 mm dicken Draht für 60000 Stunden, bei einem 1,0 mm dicken Draht für 300000 Stunden reichen.

Abbau der Karbidschicht während der Lebensdauer

Bei einer mit einer Th-W-Kathode ausgerüsteten Senderöhre ist die Lebensdauer normalerweise dann beendet, wenn sich die bei der Herstellung erzeugte Wolframkarbidschicht vollständig in reines Wolfram zurückverwandelt hat. Tritt dieser Fall ein, dann hört die Reduktion des ThO_2 auf, der Thoriumfilm auf der Wolframdrahtoberfläche wird abgebaut, die Emission geht auf den Wert des reinen Wolframs zurück. Die langsame Umwandlung des Karbids in Wolfram während der Kathodenlebensdauer hat verschiedene Gründe:

- Verdampfung des Kohlenstoffs
- Abbau des Kohlenstoffs durch Restgase
- Verbrauch des Kohlenstoffs bei der Reduktion des ThO_2

Verteilung des Kohlenstoffs über den gesamten Drahtquerschnitt durch Diffusion

Die Verdampfung des Kohlenstoffs hat keinen meßbaren Anteil. Der Verbrauch des Kohlenstoffs durch Reduktion des ThO_2 fällt ebenfalls nicht ins Gewicht, da zur Reduktion des gesamten Thoriumoxydgehaltes nur eine Karburierung von etwa 2,5% des Querschnittes notwendig ist, wogegen normalerweise zwischen 20 und 50% des Drahtquerschnittes karburiert werden. Maßgebend für die Lebensdauer einer karburierten Th-W-Kathode ist nur der Abbau des Kohlenstoffs durch Restgase und die Verteilung des Kohlenstoffs durch Diffusion über den gesamten Drahtquerschnitt. Diese Vorgänge sind noch nicht restlos erforscht. Fest steht nur,

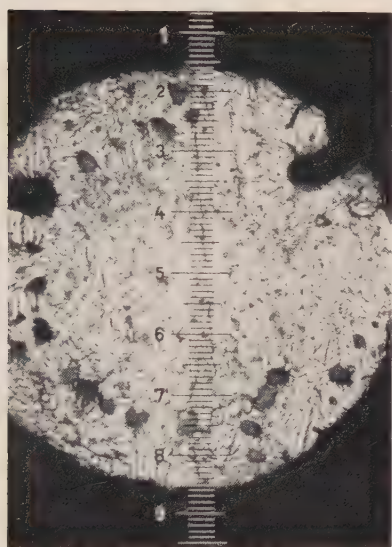


Bild 4
Querschnitt
durch einen unter
sehr geringem
Restgasangriff
abgebauten
Th-W-Draht

wie Bild 3 zeigt, daß sich die Karbidschicht bei sehr starkem Restgasangriff (schlechtes Vakuum) von außen nach innen abbaut. Bei gutem Vakuum wird die Karbidschicht von innen nach außen abgebaut; der Mechanismus dieses Vorganges ist ebenfalls noch nicht ganz geklärt. Bild 4 zeigt den Querschliff durch den Kathodendraht einer RS 1001, die nach 40000 Stunden Lebensdauer im Sender Bonames wegen mangelnder Emission ausfiel. Die eigentümlich laminare Struktur deutet auf eine Verteilung des Kohlenstoffs über den ganzen Drahtquerschnitt hin [4]. Auf jeden Fall ist die Abbaugeschwindigkeit und damit die Lebensdauer von Druck und Zusammensetzung der Gase abhängig, die auf die Kathode einwirken. Diese Einwirkung hängt natürlich auch von der Betriebsart und Belastung der Röhre ab.

Einfluß der Kathodentemperatur auf die Lebensdauer

Alle die im vorausgegangenen Abschnitt aufgezählten, einen Abbau des Wolframkarbids verursachenden

Effekte sind temperaturabhängig. In der Umgebung der Betriebstemperatur $T_1 = 2000^\circ\text{K}$ kann die Abhängigkeit der Abbaugeschwindigkeit von der Kathodentemperatur angenähert durch eine Exponentialfunktion dargestellt werden:

$$v = v_1 e^{a(T-T_1)} \quad (1)$$

Hierbei bedeuten:

- v Abbaugeschwindigkeit bei der Temperatur T
- v_1 Abbaugeschwindigkeit bei $T_1 = 2000^\circ\text{K}$
- a Abbaukonstante, abhängig von der Größe der die Lebensdauer beeinflussenden Effekte

Die Exponentialfunktion der Gleichung (1) sagt aus, daß die Änderung der Abbaugeschwindigkeit und damit die Lebensdauer sehr stark temperaturabhängig sind. Steigert man z.B. die Heizleistung um 10% über den Nennwert, so sinkt die Lebensdauer um 20%. Die Heizspannung steigt hierbei lediglich um 6%. Aus diesem Grund müssen die vom Hersteller für Th-W-Kathoden angegebenen Heizdaten besonders gut eingehalten werden. Im Gegensatz zur Oxydkathode ist bei der Th-W-Kathode eine leichte Unterheizung durchaus empfehlenswert, wenn eine besonders hohe Lebensdauer erreicht werden soll.

Erhöhung der Lebensdauer durch Heizungsregelung

Da während der Lebensdauer die Karbidschicht abgebaut wird, sinkt der Widerstand der Kathode infolge des immer größer werdenden Anteils von reinem Wolfram am Drahtquerschnitt. Hält man die Heizspannung konstant, was ja normalerweise der Fall ist, so steigen damit der Heizstrom und die Heizleistung. Entsprechend Gleichung (1) nimmt dabei die Abbaugeschwindigkeit des Wolframkarbids nach einer Exponentialfunktion zu. Hält man hingegen durch eine Regeleinrichtung die Heizleistung konstant, dann ist auch die Kathodentemperatur und damit die Abbaugeschwindigkeit des Karbids konstant. Mit dieser Maßnahme läßt sich unter bestimmten Voraussetzungen die Lebensdauer der Röhren verlängern. Eine derartige Heizleistungsregelung wurde erstmals bei den neuen, mit UHF-Tetroden bestückten Siemens-Fernsehsendern für Band IV/V eingeführt.

Die folgenden Betrachtungen sollen rein qualitativ einen Überblick über die Wirksamkeit dieser Maßnahme geben. Es sei angenommen, daß sich die Karbidschicht bei einem karburierten Th-W-Draht konzentrisch von innen nach außen abbaut. Der Radius des Wolframkerns vergrößert sich hierbei von r_0 auf r_e (Bild 5). Weiterhin sei vorausgesetzt, daß der Widerstand des Drahtes nach der vollständigen Entkarburierung dem Widerstand vor der Karburierung gleich ist. Für die Abbaukonstante wird willkürlich ein Wert angenommen.



Bild 5 Schema eines karburierten Wolframdrahtes

Mit $v = dr/dt$ wird entsprechend Gleichung (1) die Änderung der Karbidschichtstärke in Abhängigkeit von Zeit und Temperatur

$$dr = v_1 e^{a(T-T_1)} dt \quad (2)$$

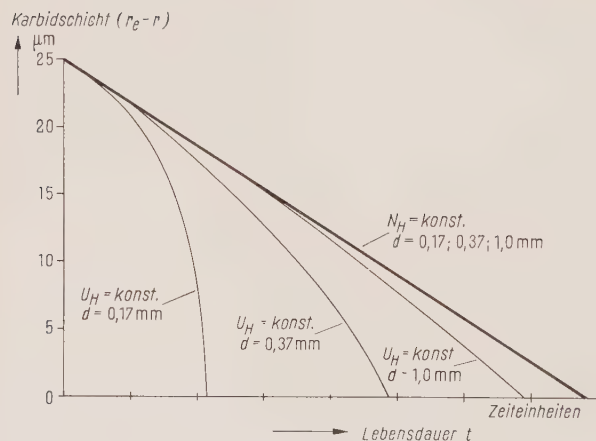
Durch eine Umformung erhält man für die Abbauezit

$$t = A \int_{r_0}^{r_e} e^{-aT} dr \quad (3)$$

A Konstante

Da bei $1800^\circ\text{K} < T < 2500^\circ\text{K}$ ein annähernd linearer Zusammenhang zwischen r und T besteht (dies kann durch eine mathematische Ableitung bewiesen werden, auf die hier verzichtet wird), erhält man durch eine Transformation und Integration aus Gleichung (3)

$$t_e = B \frac{r_e - r_0}{T_e - T_1} \left(e^{-aT_1} - e^{-aT_e} \right) \quad (4)$$



N_H Heizleistung U_H Heizspannung $T_1 = 2000^\circ\text{K}$

Bild 6 Theoretischer Zusammenhang zwischen Karbidschichtabbau, Drahtstärke und Heizungsregelung

Hierbei bedeuten:

B Konstante

t_e Lebensdauer bis zur vollständigen Entkarburierung

T_e Temperatur nach Entkarburierung

T_1 Anfangs-Betriebstemperatur, z. B. 2000°K

Betrachtet man drei karburierte Th-W-Drähte von 0,17, 0,37 und 1 mm Drahtdurchmesser, die alle die gleiche Karbidschichtdicke von $25\text{ }\mu\text{m}$ haben, so ergibt sich die in Bild 6 gezeichnete, aus Gleichung (4) berechnete Abhängigkeit des Karbidschichtabbaues von der Lebensdauer bei konstanter Heizspannung und einer Anfangstemperatur T_1 von 2000°K . Der theoretische Gewinn an Lebensdauer durch eine Regelung auf konstante Heizleistung ergibt sich aus dem Vergleich mit der schräg eingezeichneten Geraden. Bei Regelung der Heizleistung ergibt sich für alle Drahtdurchmesser die gleiche Lebensdauer. Die Steigung der Kurven ist ein Maß für die jeweilige Karbidabbaugeschwindigkeit.

Der eingezeichnete Lebensdauerertrag ist der theoretische Maximalwert, der zu erreichen ist. In Wirklichkeit ist der Gewinn immer kleiner, weil durch verschiedene Effekte, vor allen Dingen durch die Diffusion des Kohlenstoffs über den Drahtquerschnitt während der Lebensdauer, eine vollständige Absenkung des elektrischen Widerstandes auf den Wert vor der Karburierung nicht erreicht wird. Außerdem muß damit gerechnet werden, daß bei vielen Anwendern schon immer unfreiwillig eine Art Heizleistungsregelung dadurch stattgefunden hat, daß die Spannung des Heiztransformators bei steigendem Strom zurückging. Auf jeden Fall ist jedoch bei verhältnismäßig dünnadrähtigen Kathoden durch eine Regelung der Heizleistung konstant auf den Anfangswert eine bedeutende Steigerung der Lebensdauer zu erwarten.

Über die absolute Lebensdauer sagen die in Bild 6 gezeichneten Kurven nichts aus, diese hängt von der Größe der Abbaukonstante a ab. Die Abbaukonstante wird, wie bereits erwähnt, maßgebend von der Qualität der Röhre in bezug auf Entgasung und Getterfähigkeit und von der Einhaltung der Betriebswerte beeinflusst. Ein Beispiel für einen Betrieb mit niedriger Abbaukonstante ist der in Bild 4 gezeigte Kathodendraht der RS 1001, der bei einem Durchmesser von nur 0,2 mm 40000 Stunden lang Emission lieferte.

Schrifttum

- [1] Langmuir, I.: The Electron Emission from Thoriated Tungsten Filaments. Phys. Rev. **22** (1923) 357
- [2] Walker, H.S., Aldous, W.H. u.a.: High-Power Transmitting Valves with Thoriated Filaments for Use in Broadcasting. Proc. Instn. electr. Eng. B **107** (1960) 172 bis 180
- [3] Jenkins, R. O. und Trodden, W.: Evaporation of Thorium from Carburized Thoriated Tungsten-Cathodes. Brit. J. appl. Phys. **10** (1959) 10 bis 15
- [4] Horsting, C.W.: Carbide Structures in Carburized Thoriated-Tungsten Filaments. J. appl. Phys. **18** (1947) 95 bis 102

AUS DER GESCHICHTE DES HAUSES SIEMENS

80 Jahre Siemens-Bühnenbeleuchtung

VON ALFRED KOLBE

Der Brand des Ringtheaters in Wien im Jahre 1881 war ein großes Unglück. Das Feuer entstand beim Anzünden der Gasbrenner in den Soffitten-Beleuchtungskästen und konnte sich infolge der leicht brennbaren Bühnendekorationen schnell ausbreiten. Dabei kamen 450 Menschen um.

Das Unglück führte zu lebhaften Diskussionen in der Fachwelt. Am 27. Dezember 1881 hielt Werner Siemens vor dem Elektrotechnischen Verein in Berlin einen Vortrag, der mit den Worten begann: »Das entsetzliche Unglück in Wien hat die ganze Welt in Aufregung versetzt, und in allen Kreisen regen sich Berufene und Nichtberufene, Mittel vorzuschlagen, um solche Katastrophen künftig zu vermeiden. Ich glaube daher, daß auch der Elektrotechnische Verein nicht stumm an diesem fürchterlichen Ereignis vorübergehen kann, und daß es angemessen ist, hier die Frage einer näheren Betrachtung zu unterziehen, welchen Einfluß die Elektrotechnik ausüben kann, um die Feuersgefahr im allgemeinen zu vermindern und um solche Katastrophen abzuwenden.«

Werner Siemens schlug u. a. elektrische Meldeeinrichtungen, motorische Antriebe für den eisernen Vorhang (der bei dem Brand in Wien wegen der großen Hitze nicht mehr rechtzeitig herabgelassen werden konnte) sowie elektrische Bühnenbeleuchtung vor. Er wandte sich gegen unsachgemäße Veröffentlichungen in Zeitschriften und gegen die Ansicht der Versicherungsgesellschaften, für Gebäude mit elektrischen Anlagen eine höhere Prämie als bei Gas fordern zu müssen. Schließlich wies er darauf hin, daß bei richtig dimensionierten einwandfrei isolierten Leitungen, sachgemäßer Montage und ebenso hergestellten Leuchten die elektrische Beleuchtung jeder anderen und besonders der Gasbeleuchtung überlegen ist.

Bereits am 10. Oktober 1881 war die erste, als ständige elektrische Bühnenbeleuchtung entworfene und von Siemens Brothers eingerichtete Anlage im Savoy-Theater in London in Betrieb genommen worden. Schon vorher hatte Siemens & Halske Dynamos und Bogenlampen für Bühnenbeleuchtung geliefert, so 1880 für das Königliche Hoftheater in Stuttgart und für Theater in Barmen und Kassel sowie 1881 für die Königlichen Schauspiele in Berlin und für das Thalia-Theater in Hannover. Obwohl es sich dabei um verhältnismäßig umfangreiche Lieferungen handelte, war das Savoy-Theater das erste vollständig eingerichtete Gebäude dieser Art.

Die Londoner Bühne erhielt Ober-, Seiten- und Rampenlichter. Die Oberlichter strahlten die vom Schnürboden in Abständen von 2 m herabhängenden Bögen und Prospekte (Soffitten) an. Den seitlichen Bildabschluß dieser Prospekte bildeten die Kulissen – bemalte Wände –, die auf seitlich verschiebbaren Wagen aufgestellt waren und von den Seitenlichtern beleuchtet wurden.

Von vorn wurden die Darsteller durch Fußrampen angeleuchtet. Diese Rampen lagen an der Brüstung der Bühne im Bühnenboden. Obwohl die Beleuchtung der Darsteller von schräg unten nicht natürlich wirkt, fand man sich damit ab. Besonders hervorzuheben sind die schon damals angewandten dreifarbig-Beleuchtungseinrichtungen: In jedem der rinnenförmigen Beleuchtungskörper waren für die farbige Beleuchtung die neben-

einander liegenden Fassungen in drei Gruppen geschaltet. Auf diese Weise konnte abwechselnd eine weiß-, eine rot- und eine blau- oder grüngefärbte Glühlampe eingesetzt werden. In jeden Stromkreis der sechs »Siemensschen Wechselstrommaschinen« war ein auf der Bühne angebrachter eiserner Regulierwiderstand zur Verdunkelung der Beleuchtung in sechs Stufen einschaltbar (Bild 1).

In der englischen Fachzeitschrift Engineering vom 3. März 1882 wurde über diese Anlage u. a. berichtet:

»Was den erreichten künstlerischen und szenischen Effekt anlangt, so kann es keine gelungenere Einrichtung geben als die gegenwärtige Beleuchtung des Savoy-Theaters. Das Licht ist glänzend ohne zu blenden. Dank dem Unternehmungsgeist des Mr. D'Olyly Carte ist es jetzt zum ersten Male in der Geschichte des modernen Theaters möglich, einen ganzen Abend im Theater zu sitzen und sich in einer kühlen und reinen Atmosphäre an einer dramatischen Aufführung zu ergötzen.«

Allgemein war das Interesse der Fachwelt auch durch die Versuchsbeleuchtungen auf der Weltausstellung 1881 in Paris geweckt worden. Im Jahre 1882 führte Siemens & Halske im Kgl. Opernhaus Berlin im Auftrage des Generalintendanten v. Hülsen im Beisein von Kaiser Wilhelm I. Versuche mit elektrischen Glühlampen durch. Bereits im Mai 1882 wurden die ersten Bühnen-Beleuchtungskörper zur Anstrahlung der bemalten Dekorationen eingebaut.

Die große Feuersicherheit der elektrischen Anlagen und die vielseitigen Möglichkeiten, Lichteffekte zu erreichen, waren bald anerkannt. Die Lichterscheinungen auf der Bühne wurden der Natur möglichst genau angeglichen. Bereits damals glaubte man, die Bühnenbilder in einer so ausgezeichneten Vollkommenheit darstellen zu können, wie dies mit keiner anderen Beleuchtungsart auch nur annähernd zu erreichen war.

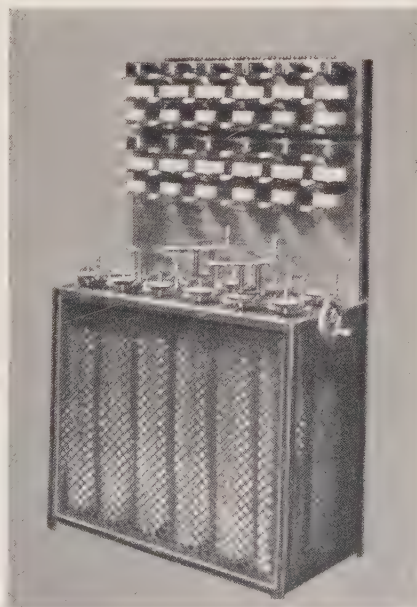


Bild 1
Siemens-
Bühnenstell-
werk und
Schalttafel,
Baujahr 1881

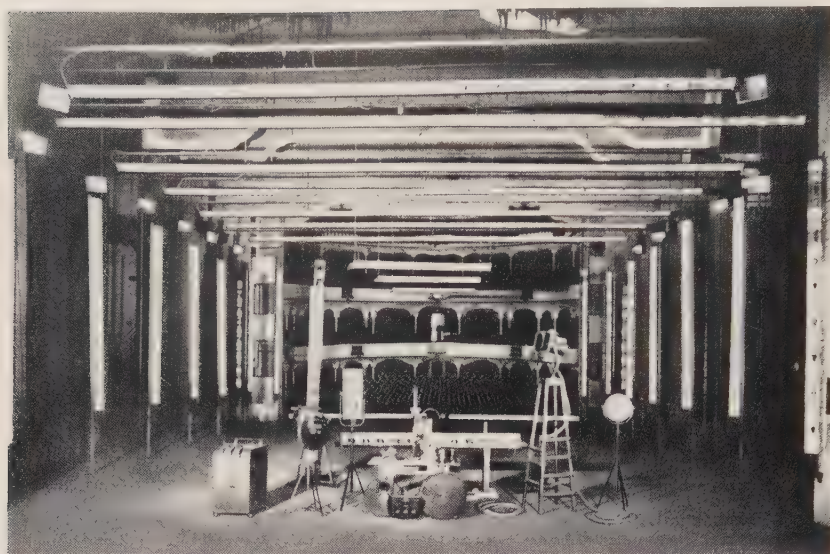


Bild 2 Gassenbühne mit Beleuchtungseinrichtung im Strättisches Opernhaus Köln (1901)

Mitteilungen aus dem Jahre 1882 besagen, daß das elektrische »Glühlicht« noch bei höchster Spannung wärmer sei als das Gaslicht und daß bei mittlerer Spannung ein sehr feuriges Orange, bei ganz schwacher Spannung ein entschiedenes Rot erzielt wird. »Diese sehr reichen Farben-Nuancen, deren dieses Licht fähig ist, sind aber jeden Augenblick zu erzielen, da es sich mit Blitzesschnelle regulieren läßt.« Das zeigt, welche Begeisterung die neue Beleuchtung erweckte; nach heutiger Anschauung ist allerdings die Farbveränderung bei der Spannungsveränderung nicht erwünscht.

Mit Beginn der Jahrhundertwende veränderte sich die technische Gestalt vor allem der Glühlampen recht wesentlich. Die Kohlefadenlampen wurden von den Metallfadenlampen abgelöst, und außer den heutigen Allgebrauchslampen entstand die Vielzahl der Projektions- und sonstigen Speziallampen.

Zu den Rampen- und Oberlichtern, bei denen nun jede Lampe in eine Kammer eingesetzt wurde, kamen Bühnen-Spiegel- und Linsenscheinwerfer für Glühlampen. Die Bogenlampen wurden allmählich ganz verdrängt. Bild 2 zeigt eine Bühnen-Beleuchtungsanlage aus dem Jahre 1901.

Etwa 1920 wurde das naturalistische Bühnenbild vervollständigt. Plastische Bühnenaufbauten ersetzten die bemalten Prospekte. Als Abschluß des Bühnenraumes nach hinten entstand der Rundhorizont zur Darstellung der freien Landschaft und des Himmels. Der meistens aus Leinwand hergestellte Rundhorizont wurde zunächst mit Glühlampen-Horizontleuchten und nach 1948 mit Leuchtstofflampen ausgeleuchtet. Es entstanden lichtstarke Projektionsgeräte, die das Bühnenbild

auf den Hintergrund projizierten, wodurch ein großer Teil der Bühnenaufbauten entfallen konnte. Bessere Effektprojektionen – z.B. Wolken, Schnee, Flammen, Wasser – vervollkommneten die Vortäuschung der Wirklichkeit. Bild 3 zeigt einen Teil der Bühnen-Beleuchtungsanlage im neuen Festspielhaus in Salzburg.

Auch auf dem Gebiet der Bühnenlichtsteuerung löste eine Neuentwicklung in schneller Folge die andere ab. Im Jahr 1885 entstanden die »Bühnenregulatoren«: Ohmsche Widerstände aus Neusilberdraht waren in einem Rahmen eingebaut und wurden über Kurbeln betrieben. Diese Bühnenlichtsteller nahmen viel Platz ein und entwickelten viel Wärme. Siemens baute deshalb Stellanlagen, bei denen – unter Verwendung von Seilzügen – die Widerstände räumlich getrennt vom Bedienungspult aufgestellt werden konnten (Bild 4). Das erste Bühnenstellwerk mit Stellhebeln, die auf drei Reihen verteilt waren, entstand 1889.

Widerstände und Stellwerke wurden von nun an ständig weiterentwickelt. Im Jahre 1930 wurden die Bühnenwiderstände von den lastunabhängigen Siemens-Wechselstromstellern, System Bordoni, abgelöst. Damit wurde die Bühnen-Lichtsteuerung technisch wesentlich verbessert; konnte man doch erstmalig an jeden Stromkreis eine bis zur Leistungsgrenze beliebige Glühlampenlast anschließen.

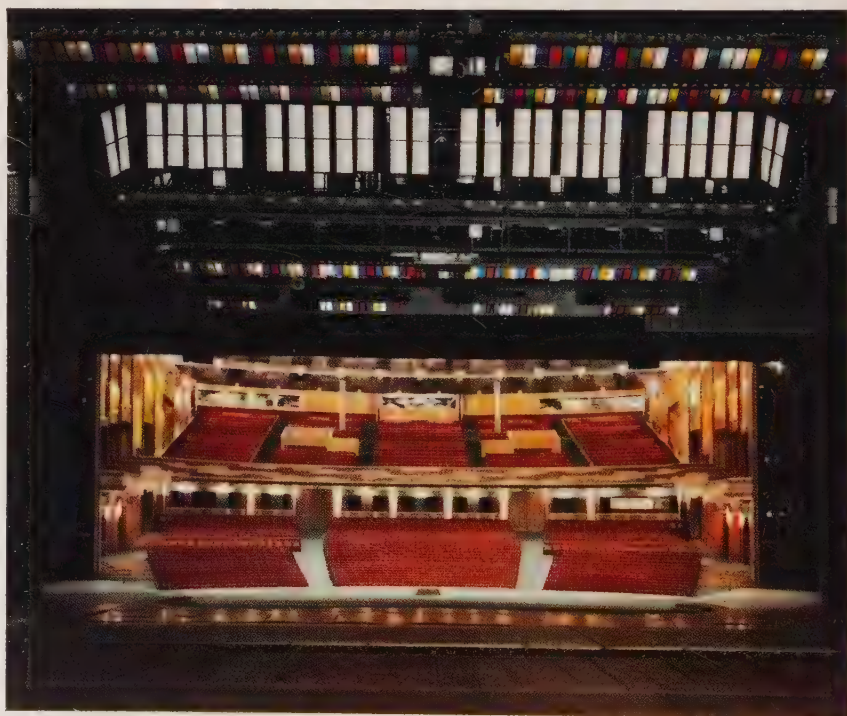


Bild 3 Festspielhaus Salzburg (1960). Mit der Bühnen-Beleuchtungsanlage und der voll-elektrischen Bühnen-Lichtsteuerung kann jede gewünschte Lichtwirkung erzielt werden

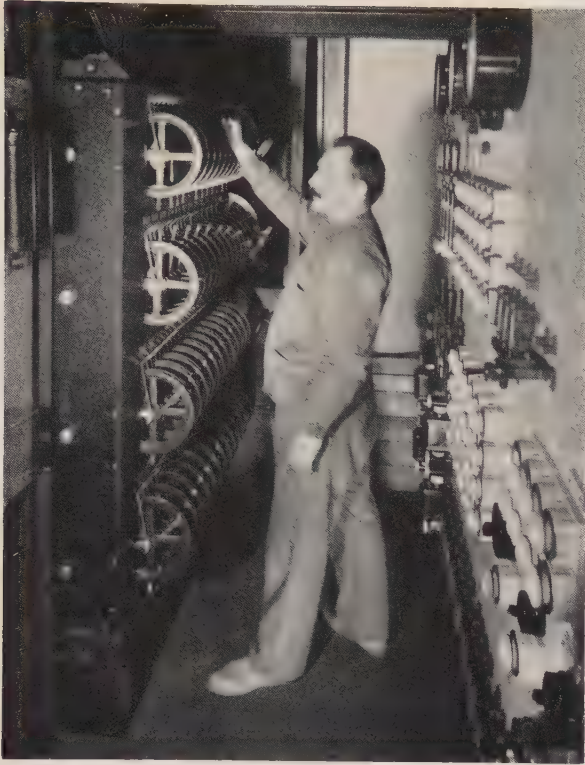


Bild 4 Beleuchterstand im Schauspielhaus Berlin (1906)

Im Jahre 1956 wurde in der Deutschen Oper am Rhein, Düsseldorf, der erste vollelektrisch gesteuerte Bühnenlichtsteller mit lastunabhängigen Magnetverstärkern in Betrieb genommen. Durch den Fortfall der Drahtseilzüge war man in der Aufstellung der Stellanlage unabhängig. Es konnten Bildspeicherungen eingeführt werden, die dem Beleuchter das Arbeiten erheblich erleichtern. Zugleich war es möglich, den Beleuchterstand von der Bühne in den Zuschauerraum zu verlegen. Bei dieser Anordnung kann der Beleuchter während der Vorstellung das von ihm in der Helligkeit eingestellte Bühnenbild gut überprüfen und nach seinem künstlerischen Empfinden verbessern. Innerhalb von 80 Jahren hat sich die Anzahl der Stellstromkreise auf der Bühne von etwa 20 auf 200 bis 300 erhöht.

Im Zusammenhang damit wurde auch der Bühneninstallation größere Bedeutung beigemessen. Von der früher üblichen Verlegung der Leitungen in Stahlrohr (System Peschel) wurde 1948



Bild 5 Beleuchterstand im Schauspielhaus Nürnberg (1959)

abgegangen. Der verbesserte Leitungsaufbau mit hohem Isolationswert ließ die Verwendung von Vielleiterkabeln mit PROTODUR*-Isolierung zu. Hierbei können mehrere Stromkreise in einem Kabel verlegt werden. Die u. a. dabei entstehende Platzersparnis bringt erhebliche Vorteile. Bild 5 zeigt den Beleuchterstand im Nürnberger Schauspielhaus, das 1959 fertiggestellt wurde.

Vor 80 Jahren hat das Haus Siemens die erste vollständige elektrische Bühnen-Beleuchtungsanlage geliefert. Seitdem wurde noch viel Pionierarbeit geleistet, um die Bühnen-Beleuchtungstechnik auf ihren heutigen Stand zu entwickeln. Die große Anzahl von Theateranlagen in Deutschland und in vielen anderen Ländern beweist, welche bedeutende Stellung das Haus Siemens auf diesem Gebiet einnimmt.

* Eingetragenes Warenzeichen

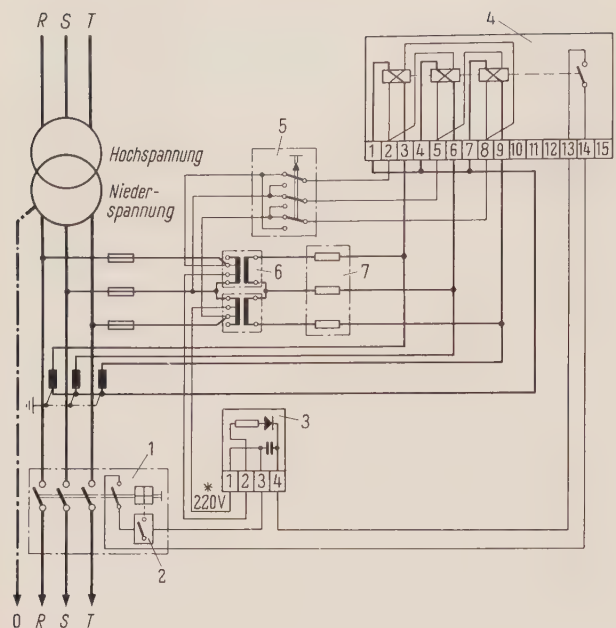
TECHNISCHE BERICHTE

Maschennetzschalter mit normalem Arbeitsstromauslöser

VON THEO SCHMELCHER UND FRIEDRICH SCHALLER

Maschennetzschalter sind Selbstschalter mit Hand- oder Motorantrieb, die weder Bimetallauslöser noch elektromagnetische Kurzschlußschnellauslöser haben, sondern nur mit einem Arbeitsstromauslöser versehen sind. Die Betätigungsspannung wird vom Netz genommen. Da sie bei einem Kurzschluß u. U. erheblich sinkt,

muß der Auslöser auch bei einem Bruchteil der Nennspannung noch zuverlässig arbeiten. Bisher wurde für diese Aufgabe der Maschennetzschalter m verwendet; neuerdings wird hierfür jedoch die Auslöserkombination f_c benutzt. Diese besteht aus einem Arbeitsstromauslöser f am Schalter und einem getrennten Kondensatorgerät c . Als Auslöser f wird der gleiche Baustein benutzt, der für Selbstschalter in der üblichen Eigenschaft als Überstromschutzschalter zur Verfügung steht. Die Betätigungsspannung beträgt 220 V bei 50 Hz.



- | | | |
|----------------------------|---------------------|-------------------------|
| 1 Selbstschalter | 4 Maschennetzrelais | 6 Zwischentransformator |
| 2 Arbeitsstromauslöser f | RW 152 | 7 Widerstandgerät |
| 3 Kondensatorgerät c | 5 Prüfaster | |

* Bei 380/220-V-Netzen ist der Anschluß auch an die Niederspannungs-Sammelschienen möglich

Schaltung der Maschennetzschalter-Kombination (380/220 V, 50 Hz)

Der Kondensator speichert Energie, deren Rückfluß von einem Gleichrichter gesperrt wird. Die fc -Kombination ist bereits etwa 0,2 s nach Anlegen der Netzspannung an den Kondensator betriebsbereit. Die geringste erforderliche Betriebsspannung beträgt 65 % der Nennspannung. Die Betriebsbereitschaft bleibt bei voller Aufladung des Kondensators und Ausfall der Netzspannung mindestens 4 bis 5 min erhalten. Den Betätigungsimpuls erhält die Kombination fc vom Maschennetzrelais (schnellschaltendes dreipoliges Richtungsrelais), wenn eine Netzstörung auftritt, die eine Rückleistung zur Folge hat. Das Schaltbild zeigt die Gesamtschaltung des Auslösekreises und des Schutzkreises (Maschennetzrelais, Zwischenwandler mit Widerstandsgerät für den spannungsabhängigen Gegenstrom, Prüfaster zur Überprüfung der Ansprechbereitschaft).

Die Auslöserkombination fc hat bedeutende Vorzüge:

Von der Betriebsspannung unabhängiger Arbeitsbereich

Die Kapazität des Kondensatorgerätes und damit die von ihr aufgenommene Energiemenge ist so bemessen, daß der Auslöser auch bei völlig zusammengebrochener Netz- und Betätigungsspannung noch zuverlässig den Schalter auszuschalten vermag.

Erschütterungsunempfindlichkeit

Die in Serienfertigung hergestellten normalen Auslöser sind denkbar einfach und robust gebaut und gegen Erschütterungen weitgehend unempfindlich. Maschennetzschalter mit fc -Auslöserkombination haben sich daher auch an Aufstellungsorten bewährt, die starken Erschütterungen ausgesetzt sind, wie etwa in Schwerpunkt-(S-)Stationen industrieller Maschennetze.

Praktisch unbegrenzte Betriebssicherheit

Das Kondensatorgerät c enthält einen Silizium-Gleichrichter, zwei MP-Kondensatoren und einen Widerstand. Diese Bauelemente sind keinerlei mechanischem Verschleiß unterworfen und bedürfen keiner Wartung. Sie gewährleisten die Betriebssicherheit des Gerätes auf praktisch unbegrenzte Zeit.

Freizügigkeit in der Anordnung des Kondensatorgerätes

Die Bauelemente des Kondensatorgerätes c sind in einem Zählergehäuse W 6 untergebracht, das getrennt vom Schalter angeordnet wird. Der Widerstand der Verbindungsleitung zwischen dem Arbeitsstromauslöser f und dem Kondensatorgerät c übt keinen wesentlichen Einfluß auf die Wirksamkeit der Auslöserkombination aus. Dadurch kann das Kondensatorgerät freizügig in beliebiger Entfernung vom Schalter angeordnet werden.

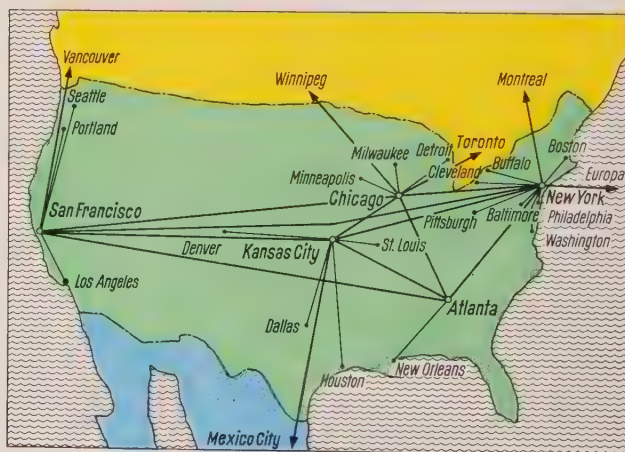
Bei nachträglicher Vermaschung eines Netzes können Selbstschalter, die als Transformator-Schutzschalter mit Überstromauslösern und mit Arbeitsstromauslöser f eingesetzt waren, ohne Schwierigkeit als Maschennetzschalter weiterverwendet werden. Ein Eingriff in die Schaltermechanik ist hierbei nicht erforderlich; es müssen nur die Überstromauslöser unwirksam gemacht werden, und der Auslöser f ist über das Kondensatorgerät als Zwischenglied an das Maschennetzrelais anzuschließen.

Die Maschennetz-Auslöserkombination fc bringt gegenüber dem bisherigen Maschennetz-Auslöser m wirtschaftliche und betriebliche Vorteile. Sie ermöglicht die Verwendung serienmäßig hergestellter, weitgehend erschütterungsunempfindlicher Bauteile und gewährleistet zuverlässige Wirkungsweise auf praktisch unbegrenzte Zeit.

Das Fernschreibnetz der Western Union

VON HANS DOBERMANN

Der Aufbau des öffentlichen Fernschreibnetzes der USA, das von der Western Union Company betrieben wird, geht rasch voran. (Über den Netzplan wurde bereits früher^{1, 2} berichtet.) In den letzten Monaten ist nun eine ganze Reihe von Ämtern in Betrieb genommen worden.



- Zentralämter
- Distriktämter

Jetziger Ausbauzustand des Telex-Netzes der Western Union

Anfang Mai 1961 wurde das Grundnetz der Western Union mit den Zentralämtern New York, Chicago, San Francisco, Kansas City, Atlanta und dem Distriktamt Los Angeles eingeschaltet. Für das Netz zwischen diesen Zentralämtern wurde das System TWM 2

1) Easterlin, P. R. und Rossberg E. A.: Telex in Nordamerika. Siemens-Zeitschrift 34 (1960) 510 bis 514

2) Rädler, H.: Das Fernschreib-Wahlvermittlungssystem TWM 2 für Western Union. Siemens-Zeitschrift 34 (1960) 515 bis 519

verwendet. An die Zentralämter sind bereits 17 Kleinämter als vorläufige Distriktämter angeschlossen. Sofort nach dem Einschalten konnte ein störungsfreier Betrieb aufgenommen werden. Noch im Laufe dieses Jahres werden die genannten Ämter erweitert und neue Ämter in Betrieb genommen. Die Anzahl der Teilnehmer beträgt z. Z. etwa 1000; die Erweiterung des Netzes auf über 10000 Teilnehmer ist im Aufbau. In wenigen Jahren rechnet man bereits mit 30000 bis 50000 Teilnehmern.

Der Plan zeigt die heute bereits in Betrieb befindlichen Ämter des Netzes.

Morón – das erste EMD-Fernsprechamt
in Groß-Buenos-Aires

VON FRANZ STEINER

Nach der Automatisierung der argentinischen Ämtergruppen La Plata, Bahia Blanca und Resistencia [1, 2] wurde am 6. Mai 1961 das Wahlamt Morón in Buenos Aires in Betrieb genommen. Dieses Amt ist als erstes im Großraum der argentinischen Hauptstadt mit Edelmetall-Motor-Drehwählern (EMD) ausgerüstet und enthält Vermittlungseinrichtungen für 10000 Anschluß-einheiten (Bild 1). Morón bildet den Anfang einer Reihe von EMD-Fernsprechämtern in Groß-Buenos-Aires mit zusammen etwa 100000 Anschluß-einheiten. Insgesamt werden, entsprechend dem vor einigen Jahren mit der argentinischen Postverwaltung (ENTel) geschlossenen Rahmenvertrag, von Siemens in Argentinien EMD-Ämter mit 300000 Anschluß-einheiten errichtet [3].

Bei der großen Ausdehnung des Stadtgebietes von Buenos Aires (Durchmesser etwa 70 km) erwies es sich als zweckmäßig, den Verkehr zwischen den Vorortsämtern und den Ämtern im Zentrum der Stadt sowie den anderen Vorortsbereichen über Vororts-Knotenämter (Concentraciones) zu führen. Damit ergibt sich ein wirtschaftlicher Aufbau des gesamten Ortsnetzes [4]. Bild 2 zeigt die Verkehrsbeziehungen des fertiggestellten Amtes Morón im westlichen Vorortsbereich.

Die wegen der Größe und Form des Netzes entwickelte Technik arbeitet mit Leitweglenkung. Sie enthält eine Richtungswahlstufe, die aus 200teiligen EMD-Wählern mit zentraler Steuerung durch Speicher, elektronische Umwelter und Einstellsätze besteht (Bild 3). Ferner ist vorgesehen, für die Gebührenerfassung bei Ortsgesprächen innerhalb von Groß-Buenos-Aires je nach Entfernung ein bis vier Zählimpulse zu geben. Richtung und Zone werden im Ortsverkehr nach der ersten oder dritten Ziffer ausgewertet. Bei Wahl der Ziffer 0 findet die Auswertung mit Beginn der zweiten Ziffer statt, damit eine schnelle Durchschaltung zum Fernwahlknoten Cuyo erreicht wird.



Bild 1 Das neue Gebäude des Fernsprechamtes Morón

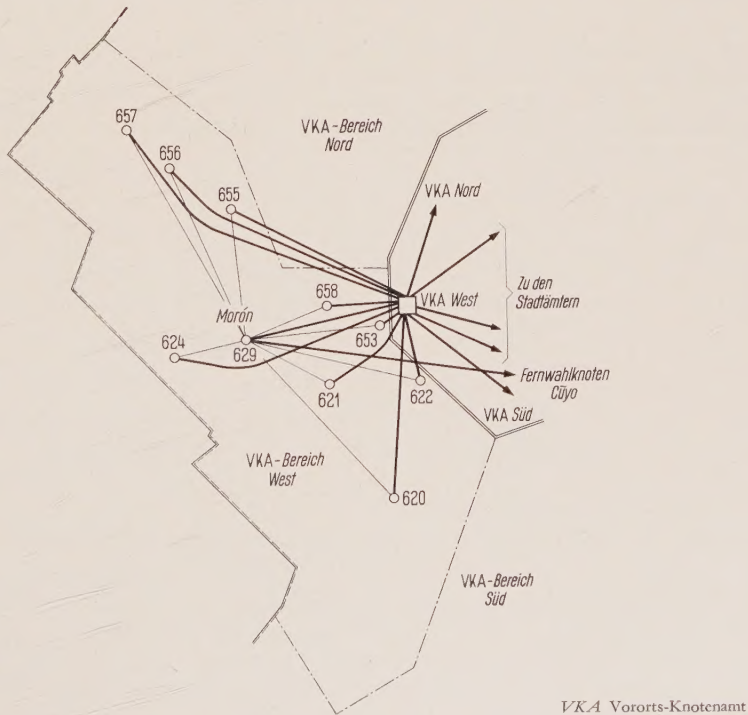


Bild 2 Lage des Vorortsamtes Morón im Ortsnetz von Groß-Buenos-Aires. Direktleitungen (dünne Verbindungen) sind nur für das Amt Morón angegeben

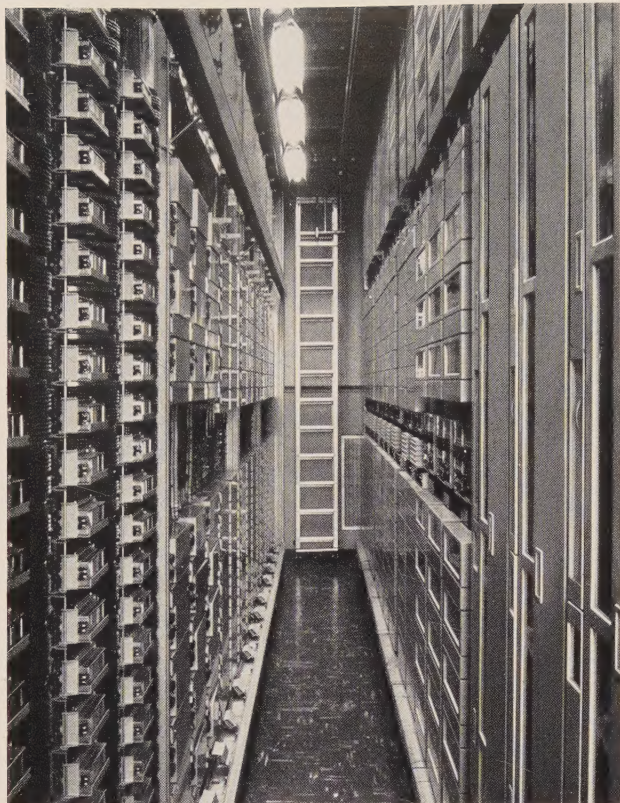


Bild 3 Bei dem hohen Gestellaufbau des Amtes Morón sind 33 vierarmige (24 + 9) oder 22 achtarmige (16 + 6) EMD-Wähler übereinander angeordnet.
Im Hintergrund Speicher- und Steuersätze

Im Fernsprechamt Morón können, wie in allen noch zu errichtenden EMD-Vorortsämtern, an der I. Richtungswahlstufe bis zu 14 Richtungen ausgeschieden werden. Bei Bedarf lassen sich über eine II. Richtungswahlstufe maximal 196 Richtungen anschließen (Bild 4).

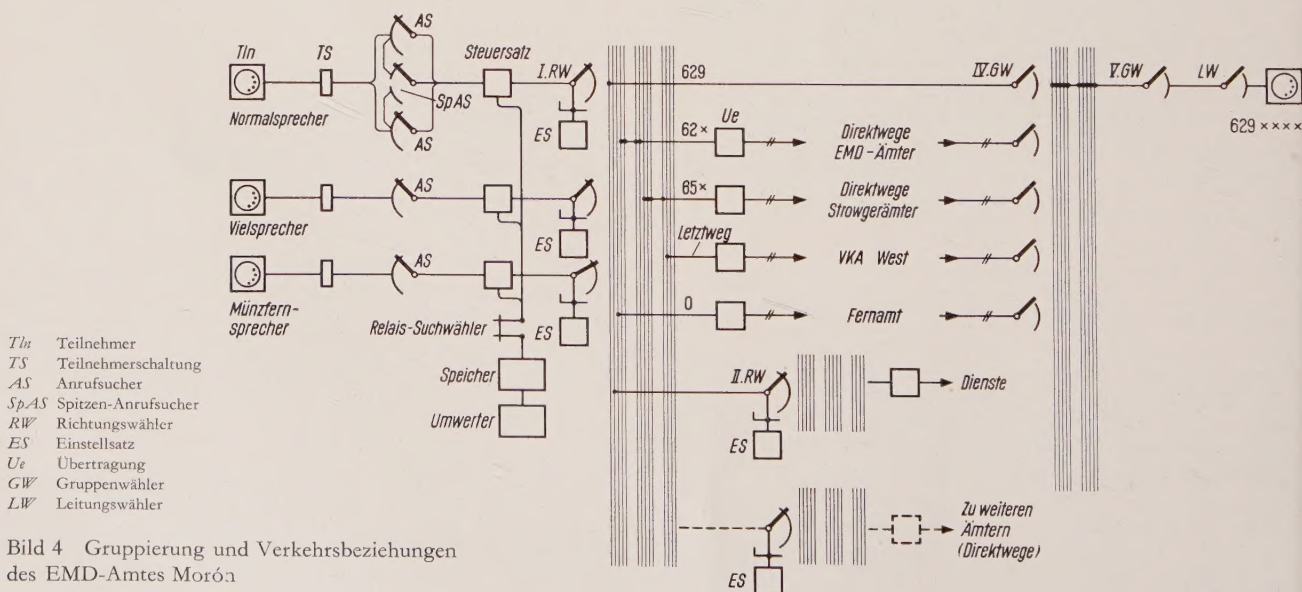


Bild 4 Gruppierung und Verkehrsbeziehungen des EMD-Amtes Morón

Die nachfolgenden Wahlstufen sind so ausgeführt, daß Morón und die geplanten weiteren EMD-Ämter in einfacher Weise mit den bestehenden Strowger-Ämtern des Ortsnetzes (etwa 700 000 Anschlußeinheiten) zusammenarbeiten können. Der gesamte Verbindungsverkehr mit den Strowger-Ämtern wird deshalb zweiadrig mit Schleifenimpuls-gabe abgewickelt, wobei der im EMD-Amt Morón ankommende Verkehr ohne Übertragungen über zweiadrige Gruppenwähler fließt. Auf diese Weise erübrigen sich besondere Anpassungsübertragungen in den Strowger-Ämtern. Für den Verkehr zwischen den EMD-Ämtern bedient man sich der üblichen zweiadrigen Gleichstromwahl mit 100-Hz-Auslösung.

Gegenüber der Umsteuertechnik hat die Richtungswähler-Technik vor allem in großen Fernsprechnetzen, wie in Buenos-Aires, unter anderem noch folgende Vorzüge. So wird durch Verbindungen zum eigenen Amts- oder Vorortsbereich das zum Vororts-Knotenamt führende Leitungsbündel nicht belegt (keine Blindbelegung). Ferner haben alle Direktleitungen zu den Vororts-ämtern des eigenen Bereiches Überlaufmöglichkeit, auf den Letztweg zum Vororts-Knotenamt, über das sämtliche Teilnehmer von Groß-Buenos-Aires erreicht werden können (Bild 4). Für den Fernverkehr, der über das zunächst noch handbediente Fernamt Cuyo abgewickelt wird, steht ein getrenntes Leitungsbündel zur Verfügung, damit bessere Dämpfungsverhältnisse erzielt werden.

Mit der Inbetriebnahme des Fernsprechamtes Morón erhöhte sich die Anzahl der in Argentinien eingerichteten EMD-Anschluß-einheiten auf 75 600. Weitere 50 000 Anschlußeinheiten, davon 45 000 in Rosario und Santa Fé, werden gegenwärtig montiert.

Zur Errichtung des Fernsprechamtes Morón haben auch die argentinischen Fertigungsstätten des Hauses Siemens wesentlich beigetragen [5]. In diesen Fabriken werden im steigenden Maß Einrichtungen für öffentliche Fernsprechämter und für Nebenstellenanlagen hergestellt.

Schrifttum

- [1] Kirn, K.: EMD-Wähler-Ämter in Argentinien. Siemens-Zeitschrift 32 (1958) 444 bis 445
- [2] Zimmermann, G.: Weitere EMD-Wähler-Ämter in Argentinien unter Einbeziehung der einheimischen Fertigung. Siemens-Zeitschrift 34 (1960) 333
- [3] Kirn, K.: Fernsprechanlagen für Argentinien. Siemens-Zeitschrift 34 (1960) 520 bis 523
- [4] Brandstetter, A. und Wahl, H.: Amtstechnik und Netzform in Fernsprech-Ortsnetzen. Siemens-Zeitschrift 34 (1960) 823 bis 829
- [5] Frauendienst, J.: Siemens-Fertigungsstätten in Argentinien. Siemens-Zeitschrift 34 (1960) 524 und 525

BUCHBESPRECHUNGEN

TABELLEN FÜR PLANUNG UND BETRIEB VON FERNSPRECHANLAGEN

302 Seiten. Herausgegeben von Siemens & Halske AG, Wernerwerk für Fernsprechtechnik, München 1961

Für die Bemessung der Vermittlungseinrichtungen in Fernsprechanlagen standen viele Jahrzehnte lang nur einige wenige »Wählerberechnungskurven« zur Verfügung. Diese Kurven beruhten auf Erfahrungswerten und reichten für die herkömmliche Technik aus, die auf einstufigen Koppelanordnungen mit Drehwählern, Strowger- oder Viereckwählern mit festgelegter Kontaktzahl je Richtung (Erreichbarkeit) aufgebaut war.

Im Rahmen der heutigen Technik genühten jene Unterlagen jedoch nicht mehr. Die Einführung der Richtungswähler und der Gruppenwähler mit Markierung und frei wählbarer Erreichbarkeit je Richtung erforderte neue Bemessungstabellen für beliebige Erreichbarkeiten, der Einsatz von Relais-Suchwähleranordnungen neue Rechenverfahren und neue Bemessungsunterlagen für zweistufige Koppelanordnungen, die Anwendung von Überlaufanordnungen im Fern- und Ortsverkehr schließlich neue Berechnungsunterlagen für Bündel mit Überlaufverkehr. Daher sind in den vergangenen zehn Jahren – anhand der Wahrscheinlichkeitsrechnung und mit Hilfe neuzeitlicher Verkehrsmaschinen sowie elektronischer Rechner – viele neue Unterlagen entstanden.

Mit dem vorliegenden Tabellenbuch steht zum ersten Mal eine handliche Sammlung der heute benötigten Bemessungstabellen zur Verfügung. Dabei sind für die Bemessung von Verlustsystemen sowohl die im Ausland (Verlustdefinition *B*) als auch die bei der Deutschen Bundespost angewendeten Tabellen (Verlustdefinition *V*) aufgenommen worden.

Den größten Umfang nehmen die – bei der Planungsarbeit täglich benötigten – Bemessungstabellen für Abnehmerbündel hinter einstufigen Koppelanordnungen ein. Jeweils auf einer Doppelseite sind die Werte für vollkommene und für unvollkommene Bündel (mit Erreichbarkeiten von $k = 3$ bis $k = 50$) übersichtlich dargestellt. Drei aufeinanderfolgende Doppelseiten enthalten für einen bestimmten Verlust die Verkehrswerte bis zu $N = 200$ Abnehmerleitungen.

Die sich anschließenden Tabellen für die Bemessung zweistufiger Anrufsucheranordnungen mit Überlauf stellen Berechnungsergebnisse dar, die mit Hilfe des Streuwertverfahrens ermittelt worden sind. Sie ermöglichen eine einfache Planung und Kontrolle solcher Anordnungen, wie sie z.B. in größeren EMD-Wähler-Ämtern verwendet werden. Besonders interessant ist die Überlappung der Verkehrswerte in den für *B*-Verluste angegebenen Tabellen. Damit kann für den gleichen Verkehrswert die Anzahl der Anrufer und II. Anrufer variiert und so eine besonders wirtschaftliche Gestellausnutzung erzielt werden.

Zur Bemessung zweistufiger Relais-Suchwähleranordnungen sind Kurven für den Zusammenhang zwischen dem Verkehrswert und der Anzahl der zentralen Glieder angegeben. Dabei werden Anordnungen mit drei, vier und fünf Zwischenleitungen aus jedem Koppelpfaden der A-Stufe berücksichtigt.

Die Tabelle der Verkehrsteile für Zu- und Abschlüsse bei der Aufteilung und Zusammenfassung von Verkehrsflüssen – bei der Deutschen Bundespost wegen der besonderen Definition des Verkehrswertes in der Hauptverkehrsstunde vorgeschrieben – ist auf Verkehrswerte bis 1000 Erl ausgedehnt worden. Angefügt ist außerdem eine Tabelle der Verkehrsteile für die Verkehrswerte in den praktisch überwiegend vorkommenden Bündeln mit einem Verlust $V = 1\%$.

Das Buch schließt mit Tabellen für die Bemessung von Anordnungen mit Überlaufverkehr (Streuwerttabellen) und mit Kurvenblättern für die Bemessung von Wartesystemen (Wartedauern, Wartewahrscheinlichkeiten und Wahrscheinlichkeiten für das Überschreiten bestimmter Wartedauern bei exponentiell verteilten und konstanten Belegungsdauern). Unterlagen über Wartesysteme können z. B. bei der Dimensionierung zentraler Einrichtungen verwendet werden.

Mit Hilfe der Tabellen und Kurven dieses Buches können nahezu alle technischen Einrichtungen in den heutigen Fernsprechanlagen bemessen werden. Für eine weitere Auflage empfehlen sich gegebenenfalls noch eine Tabelle über die Verkehrsleistung je Leitung (bei der Berechnung von Richtungswähleranordnungen benötigt) und weitere Angaben – Tabellen oder Kurven – über die effektive Erreichbarkeit von zweistufigen Koppelanordnungen (als Gruppen- oder Richtungswähler eingesetzt).

Das in handlichem Format (DIN A 5) vorliegende Buch ist für den Praktiker bestimmt. Die wichtigsten Grundbegriffe, Größen und Formeln der Verkehrstheorie werden einleitend angegeben. Durch kurze Erläuterungen und Anwendungsbeispiele, die jedem Teil vorangestellt sind, findet man sich sofort in den einzelnen Abschnitten zurecht. Die Tabellen selbst sind durch Gliederung der Zahlenkolonnen in Dreiergruppen, durch Trennlinien sowie unterschiedliche Druckstärke recht übersichtlich aufgebaut; große, deutliche Beschriftung und breite Farbkennzeichnung machen die einzelnen Abschnitte schnell und leicht zugänglich. Durch die zweckmäßige Darstellungsweise wird dieses Tabellenbuch zu einem wertvollen Hilfsmittel für den Planungs- und Betriebsingenieur.

H. Wahl

WARTEZEITEN IN NACHRICHTENVERMITTLUNGEN MIT SPEICHERN

VON G. ZIMMERMANN UND H. STÖRMER. 109 Seiten, 48 Abbildungen, 155 Formeln; Leinen, Preis 13 DM. R. Oldenbourg Verlag, München 1961

Vermittlungen, in denen Nachrichten in Speichern auf das Freiwerden der gewünschten Richtung warten können, kommen besonders in Telegrafienetzen für Fluggesellschaften, Polizei, Wetterdienst und ähnliche Institutionen vor. Die Verfasser haben sich die Aufgabe gestellt, das Entstehen solcher Wartezeiten zu untersuchen. Es werden zahlreiche für die Praxis geeignete Näherungsformeln aufgestellt und diskutiert.

Im ersten Teil des Buches wird zunächst gezeigt, daß die Wartezeiten einerseits durch den zeitlichen Ablauf des Verkehrs selbst (Grundwartezeit) und andererseits durch den schaltungsmaßi- gen Aufbau der Vermittlung (zusätzliche Wartezeit) bedingt sind. Es werden die Grundformeln aufgestellt, nach denen sich die Wartezeiten auch bei unterschiedlichem Aufbau der Ver- mittlung berechnen lassen. Durch Einsetzen verschiedener Parameter (z. B. Verkehrsdichte; Anzahl der Leitungen) werden diese Funktionen in einer Reihe von Diagrammen in Form von Kurvenscharen näherungsweise dargestellt. Diese Diagramme eignen sich sehr gut als Rechnungsunterlage für die Praxis; sie werden anhand von Beispielen ausführlich erläutert.

Im zweiten Teil des Buches werden Schaltungen von Vermitt- lungen behandelt, bei denen geringe zusätzliche Wartezeiten angestrebt werden. Bei solchen Schaltungen haben die Verfasser drei Grundprinzipien unterschieden: erhöhte Übertragungs- geschwindigkeit innerhalb der Vermittlung; mehrere Speicher vor den stark belasteten Leitungen; Zwischenspeicher, die sich nach Bedarf den abgehenden Leitungen zuordnen. Einige der- artige Schaltungen werden besprochen und dabei die mittleren Grundwartezeiten, Zusatzwartezeiten und Gesamtwartezeiten qualitativ und quantitativ abgeschätzt und berechnet. Außerdem wird noch auf die bei Rundschreiben benötigte Anzahl der Spei- cher und die dabei auftretenden Wartezeiten sowie auf Warte- zeiten bei dringenden Nachrichten und bei Verkehrsspitzen eingegangen.

Die in den ersten beiden Teilen des Buches angestellten Über- legungen führen zu Näherungsformeln, bei denen bewußt je- weils nur bestimmte Faktoren einzeln für sich berücksichtigt, andere dagegen vernachlässigt wurden. Um überblicken zu kön- nen, inwieweit es bei der Aufstellung der Näherungsformeln berechtigt war, solche Vereinfachungen zu treffen, werden im dritten Teil des Buches für die wichtigsten Formeln über die Wahrscheinlichkeit von Wartezeiten genaue mathematische Ableitungen gegeben. In zwei markanten Fällen wird anhand von Kurven gezeigt, daß Näherungsrechnung und genaue Rechnung weitgehend gleiche Ergebnisse liefern.

Abschließend läßt sich feststellen, daß die Verfasser mit diesem Buch einen wertvollen Beitrag für die Berechnung von Fern- schreib-Speichervermittlungen geleistet haben; dies ist be- sonders deshalb bemerkenswert, weil gerade solche Fern- schreibsysteme im Zuge des außerordentlich rasch zunehmenden Flugverkehrs für die Flugsicherung ständig an Bedeutung ge-

winnen. Dies gilt in gleichem Maße auch für den raschen Aus- bau von nationalen und übernationalen Polizei- und Wetter- dienstnetzen sowie für innerbetriebliche Netze von Großunter- nehmen der Industrie und Wirtschaft, die sich über ganze Län- der erstrecken können.

G. Wetzig

TASCHENBUCH FÜR FERNMELDETECHNIKER TEIL I

Von H. GOETSCH, herausgegeben von A. Ott. Zwölfte, er- weiterte und verbesserte Auflage. 342 Seiten, 623 Abbildungen. Broschiert, Preis 19,80 DM. R. Oldenbourg Verlag, München, 1961

Der neu überarbeitete erste Band des Taschenbuches gibt dem Fernmeldetechniker das Rüstzeug, das ihm den Weg zum Ver- ständnis der neuzeitlichen Nachrichtentechnik mit ihren dif- ferenzierten Verästelungen ebnen soll. Nach einer knapp ge- faßten Einführung in die physikalischen Grundlagen behandelt der Verfasser die Elemente der Übertragungstechnik mit einem Abriß über Vierpole und Filter sowie die Physik der Verstärker unter Berücksichtigung der in der Fernmeldetechnik gebräuch- lichen Röhren und Transistoren. Die zahlreichen in diesen Ab- schnitten eingestreuten Rechenbeispiele erleichtern den Studie- renden das Verständnis des Stoffes. Neu aufgenommen ist ein kurzer Abschnitt über die Grundbegriffe der Nachrichten- theorie, ein Gebiet, das mit dem Vordringen der datenverarbei- tenden Technik immer mehr an Bedeutung gewinnt.

Breiter Raum ist den Schaltelementen und Bauteilen der Fern- meldetechnik gewidmet. Neben den »klassischen« Bauelemen- ten, die in ihren zahlreichen technischen und konstruktiven Ausführungsformen eingehend behandelt sind, ist besonderer Wert auf die Halbleiter sowie auf neueste Konstruktionen von Relais und Wählern gelegt worden. Datenblätter einer Reihe von Ausführungsformen geben einen Einblick in die Leistungs- fähigkeit dieser Bauelemente. Ein Abschnitt über Stromquellen der Fernmeldetechnik sowie ein weiterer über Schaltungen und Schaltungsdarstellung runden das Stoffgebiet ab.

Studierende der Fernmeldetechnik finden in diesem Buch einen Leitfaden, der ihnen in knapper Form das Wissen vermittelt, das sie für den weiteren Aufbau ihres Studiums brauchen. Aber auch der schaffende Ingenieur wird gern zu diesem Band grei- fen, um sich einen Überblick über neue Entwicklungen auf dem Gebiet der Fernmeldetechnik zu verschaffen.

E. Thiede